

VŠB – Technická Univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robotiky

**Konstrukční návrh zařízení pro automatické
krimpování, testování a balení hadic**

*Engineering Design of the Equipment for
Automatic Crimping, Testing and Packaging
of Hoses*

Student:

Bc. Vít Fichna

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Milan Mihola, Ph.D.

Ostrava 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robotiky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Vít Fichna**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2301T013 Robotika

Téma: **Konstrukční návrh zařízení pro automatické krimpování, testování a balení hadic**
Engineering Design of the Equipment for Automatic Crimping, Testing and Packaging of Hoses

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte analýzu současného stavu řešené problematiky.
2. Na základě této analýzy navrhnete možné varianty řešení a proveďte jejich srovnání.
3. Vybranou variantu detailně rozpracujte.
4. Práci doplňte podrobnou technickou a výpočtovou dokumentací. Výkresovou dokumentaci vypracujte dle pokynů vedoucího práce.
5. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a konstrukční řešení v CAD systému (dle pokynů vyučujícího).

Seznam doporučené odborné literatury:

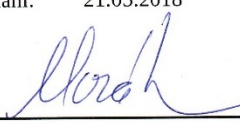
1. Burkovič, J. *Projektování a provoz RTP*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2004. 110 s. ISBN 80-248-0709-2.
2. Talácko, J.-Matička, R. *Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů*. ČVUT, Praha, 1995. 236 s. ISBN 80-01-01291-3.
3. Burkovič, J. *Navrhování robotizovaných montážních linek*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2008. 163 s. ISBN 978-80-24-1869-6.
4. *ČSN 01 6910 Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
5. *ČSN ISO 690 Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Milan Mihola, Ph.D.**


Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018



prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry





doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Čestné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

Bc. Vít Fichna

Prohlašuji, že

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou*) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou*) práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské*) práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на ве́домі́, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato bakalářská*) práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. 5. 2018

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Vít Fichna

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Na Kaménce 465/8, Píšť 747 18

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

FICHNA, V. *Konstrukční návrh zařízení pro automatické krimpování, testování a balení hadic : diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky, 2018, 63s. Vedoucí práce: Ing. Milan Mihola, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá návrhem zařízení pro automatizované krimpování, testování, značení a balení hadic. Rešerše se zabývá jednotlivými procesy. Poté jsou vypracovány tři varianty a následnou vícekritériální analýzou, je vybrána vítězná. Ta je dále rozpracována do finální podoby. Funkce zařízení je rozebrána podrobně v jednotlivých kapitolách. Hlavní konstrukční uzly jsou podloženy kontrolními výpočty a je vytvořena částečná technická dokumentace.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

FICHNA, V. *Engineering Design of the Equipment for Automatic Crimping, Testing and Packaging of Hoses: master thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2018, 63p. Thesis head: Ing. Milan Mihola, Ph.D.

This master thesis deals with design of automatic crimp device, testing, marking and packing of hoses. Research was performed to analyze above mentioned processes. Based on the research, three versions were designed and the optimal version was selected based on chosen criteria. The optimal version was elaborated to final finished version. Functions of these devices are analyzed in corresponding chapters of the thesis. The main design units were subjected to inspection calculations and technical documentation was partly elaborated.

Klíčová slova: automatizace, krimpování, testování, hadice, balení, montáž

Obsah

Seznam použitého značení	8
1 Úvod	12
2 Rešerše.....	13
2.1 Krimpování.....	13
2.2 Testování hadic	15
2.3 Značení produktu.....	16
2.3.1 Mikrouder	17
2.3.2 Laserové značení.....	17
2.3.3 Inkjet	18
2.4 Balení	19
3 Požadavkový list.....	20
4 Analýza objektu manipulace	21
5 Varianty řešení.....	23
5.1 Varianta I.....	23
5.2 Varianta II	26
5.3 Varianta III	28
5.4 Přehled použitých pohonů ve variantách	30
6 Vícekriteriální analýza variant.....	31
6.1 Určení významnosti kritérii.....	31
6.2 Výpočty celkových indexů variant.....	32
6.3 Vítězná varianta.....	33
7 Konstrukční řešení vítězné varianty	34
7.1 Efektor OM	35
7.2 Pracoviště operátora	35
7.3 Krimpování.....	37
7.4 Testování	39

7.5	Popis hadice.....	41
7.6	Balení	42
7.7	Ukládání zmetků	42
7.8	Rotační stůl.....	43
8	Časový rozbor.....	45
9	Kontrolní výpočty.....	46
9.1	Výpočet pohonu rotačního stolu	46
9.2	Výpočet pohonu testování.....	48
9.3	Kontrola ložisek	50
9.4	Kontrola modulu ozubení.....	52
9.5	Kontrola hydraulických válců	53
9.6	Kontrola horizontálního posuvu hlavy.....	54
9.7	Kontrola pneumatických pohonů	56
10	Závěr.....	58
11	Použitá literatura.....	59
12	Seznam příloh.....	61
13	Seznam obrázků.....	61
14	Seznam tabulek.....	61

Seznam použitého značení

Označení	Význam označení	Jednotka
C_{os}	Axiální únosnost ložiska CRBE11528	$[kN]$
C_{ot}	Axiální únosnost statická ložiska CRBE 16035C	$[kN]$
C_t	Axiální únosnost dynamická ložiska CRBE 16035C	$[kN]$
D_{PWS}	Roztečná kružnice válečku	$[mm]$
D_{PWt}	Roztečná kružnice válečku CRBE 16035C	$[N]$
D_s	Průměr vnějšího kroužku ložiska CRBE11528	$[mm]$
D_t	Průměr vnějšího kroužku ložiska CRBE 16035C	$[mm]$
F_{as}	Axiální zatížení ložiska	$[N]$
F_{at}	Axiální zatížení ložiska CRBE 16035C	$[N]$
F_{oh}	Potřebná osová síla hydraulických válců	$[N]$
F_{ov}	Potřebná osová síla pro zdvih krimpovací části	$[N]$
F_{pn}	Potřebná osová síla pohonu (pneumatický s vedením)	$[N]$
F_{po}	Potřebná osová síla pohonu (bezpístový pneumatický)	$[N]$
F_{rt}	Radiální zatížení ložiska CRBE 16035C	$[kN]$
J_m	Moment setrvačnosti hřídele motoru	$[kg \cdot m^2]$
J_{pp}	Moment setrvačnosti převodovky	$[kg \cdot m^2]$
J_{rs}	Moment setrvačnosti rotující části	$[kg \cdot m^2]$
J_{rt}	Moment setrvačnosti segmentu testování	$[kg \cdot m^2]$
L_t	Jmenovitá životnost ložiska CRBE 16035C	$[otáček]$
M_{ls}	Odporový moment ložiska CRBE11528	$[N \cdot m]$
M_{lt}	Odporový moment ložiska CRBE16028	$[N \cdot m]$
M_{rj}	Odporový moment rotační jednotky	$[N \cdot m]$
M_{s1}	Moment od rotačního stolu	$[N \cdot m]$

Označení	Význam označení	Jednotka
M_{sc}	Potřebný moment na motoru	$[N \cdot m]$
M_t	Klopný moment působící na ložisko CRBE 16035C	$[N \cdot m]$
M_{t1}	Moment od testovacího segmentu	$[N \cdot m]$
M_{tc}	Potřebný moment na motoru pro testování	$[N \cdot m]$
P_{ot}	Statické ekvivalentní zatížení ložiska CRBE 16035C	$[N]$
P_s	Celkové zatížení ložiska	$[N]$
P_t	Dynamické ekvivalentní zatížení ložiska CRBE 16035C	$[N]$
a_h	Zrychlení hydraulických válců	$[m \cdot s^{-2}]$
a_p	Zvolené zrychlení pneumatických pohonů	$[m \cdot s^{-2}]$
a_v	Zrychlení krimpovací části	$[m \cdot s^{-2}]$
d_s	Průměr vnitřního kroužku ložiska CRBE11528	$[mm]$
d_t	Průměr vnitřního kroužku ložiska CRBE 16035C	$[mm]$
f_l	Třecí koeficient ložiska	$[-]$
f_{ss}	Statický bezpečnostní koeficient ložiska CRBE11528	$[-]$
f_{st}	Statický bezpečnostní koeficient ložiska CRBE 16035C	$[-]$
f_v	Koeficient tření lineárních vozíků	$[-]$
i_{os}	Převodový poměr ozubených kol	$[-]$
i_{ot}	Převodový poměr ozubených kol u testování	$[-]$
i_p	Převodový poměr převodovky	$[-]$
l_{ch}	Celkový čas posuvu horizontálního pohybu krimp.	$[mm]$
l_{rh}	Délka rozběhové části posuvu horizontál. pohybu krimp.	$[mm]$
l_{rv}	Délka rozběhové části posuvu vertikál. pohybu krimp.	$[mm]$
l_t	Vzdálenost těžiště od osy ložiska CRBE 16035C	$[m]$
l_{uh}	Délka ustálené části posuvu horizontál. pohybu krimp.	$[mm]$

Označení	Význam označení	Jednotka
l_{uv}	Délka ustálené části posuvu vertikálního pohybu krimp.	[mm]
m_h	Hmotnost krimpovací části (posuvné)	[kg]
m_k	Hmotnost krimpovací části	[kg]
m_n	Hmotnost zdvižné části sestavy ustavovacího pracoviště	[kg]
m_s	Váha rotační části	[kg]
m_t	Váha rotační části	[kg]
m_z	Hmotnost posuvné sestavy ustavovacího pracoviště	[kg]
n_t	Otáčky testovacího zařízení	[ot. · min ⁻¹]
t_{1c}	Cyklus posunutí o 30°	[s]
t_{ch}	Celkový čas horizontálního pohybu krimpovací části	[s]
t_{cs}	Celkový čas pohybu rotačního stolu	[s]
t_{ct}	Celkový čas pohybu testovací části	[s]
t_{cv}	Celkový čas vertikálního pohybu krimpovací části	[s]
t_{rh}	Čas rozběhu horizontálního pohybu krimpovací části	[s]
t_{rs}	Rozběhový čas pohybu rotačního stolu	[s]
t_{rt}	Čas rozběhu testovací části	[s]
t_{rv}	Čas rozběhu vertikálního pohybu krimpovací části	[s]
v_h	Potřebná rychlost posuvu hydraulických válců	[m · s ⁻¹]
v_v	Rychlost posuvu vertikálního pohybu krimpovací části	[m · s ⁻¹]
x_t	Vzdálenost těžiště od osy X ložiska CRBE 16035C	[mm]
y_t	Vzdálenost těžiště od osy Y ložiska CRBE 16035C	[mm]
α_s	Úhel pootočení	[°]
α_t	Úhel pootočení	[°]
α_{tu}	Úhel v konstantní rychlosti	[°]

Označení	Význam označení	Jednotka
ε_{rs}	Zrychlení stolu	$[rad \cdot s^{-2}]$
ε_{rt}	Zrychlení testovací části	$[rad \cdot s^{-2}]$
μ_p	Účinnost převodovky	$[-]$
μ_{rp}	Účinnost převodu	$[-]$
φ_{cs}	Celkový úhel otočení stolu	$[rad]$
φ_{rs}	Rozběhový úhel otočení stolu	$[rad]$
φ_{ut}	Úhel ustálené rychlosti testovací části	$[rad]$
ω_{ut}	Úhlová rychlost testovací části	$[rad \cdot s^{-1}]$

1 Úvod

V dnešní době, kdy je kladen důraz na výrazné snižování nákladů na výrobu, se již hojně využívá automatizovaných montážních linek. Pořizovací cena je sice vysoká, ale pokud je návratnost investice vypočítaná správně (ideálně do dvou let), pak se automatizace vyplatí. Další výhodou je vyloučení lidského chybového faktoru. Pokud je automatizovaná linka správně seřízená a materiálové vstupy jsou konstantní, je efektivita montáže vysoká a ve většině případů překoná operátory výroby.

Krimpování hadice s koncovkami je jednoduchý úkon využívající trvalé deformace materiálu. Deformovaná část je buď součástí koncovky, nebo zvlášť jako kroužek. Vznikne tedy těsné spojení mezi hadicí a koncovkou a to musí vydržet určitý tlak v závislosti na použití. Jedná se tedy o nerozebíratelné spojení. Typickým příkladem tohoto procesu jsou hydraulické hadice. Do tohoto procesu vstupují komponenty, které jsou vyráběny s dostatečnou přesností, proto je možnost tento proces automatizovat.

Mezi hadicí a koncovkou může vzniknout netěsnost, ta se však musí otestovat. Pokud by se takto zkompleťované hadice v průmyslu namontovaly do příslušného zařízení a nebyly otestovány, zjistí se netěsnost až v celkové sestavě a následná demontáž a opětovná montáž by byla finančně náročná.

Jelikož výroba jednotlivých komponentů pro průmysl je v kooperaci s různými firmami a tyto komponenty mohou být exportovány do jiných států, je nutno výrobky chránit. Tato ochrana taky může dokazovat, že výrobek je originální. Výrobky jsou nejčastěji v plastových obalech, ten je chrání před vlhkostí, prachem či mechanickým poškozením při přepravě. Tyto obaly mohou obsahovat popis komponenty, název výrobce nebo třeba datum výroby.

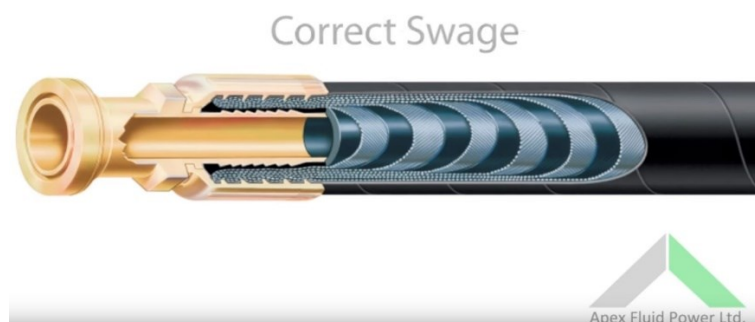
V některých případech je nutno výrobek označit přímo, například na tělo hadice. Tyto hadice mohou být namontovány v různých zařízeních a při poškození nebo preventivní údržbě, kdy musí být nahrazeny, lze pak takto označené výrobky jednoduše u výrobce dohledat.

2 Rešerše

Podobnou automatizační linku nebylo možno dohledat, proto v této části budou zpracovány rešerše na jednotlivé oblasti, které budou dále využity pro konstrukční návrh.

2.1 Krimpování

Jedná se technologický proces, při kterém je vytvořeno nerozebíratelné spojení mezi dvěma nebo více součástkami. Krimpování hydraulických hadic nebo armování je jednou z nejběžnějších typů tohoto procesu. Hadice jako polotovar je namotána na svitku, dle požadavků zákazníka je uštířena požadována délka. Koncovky jsou typizovány a jsou přesně určeny na odpovídající typ hadice. Po uštíření hadice se na ní nasadí požadována koncovka a naorientuje se, jelikož po spojení není koncovka volně otočná. Takto sestavená hadice se vloží do krimpovacího hydraulického lisu, jenž je osazen čelistmi pro odpovídající průměr deformované části. U hydraulických hadic koncovka obsahuje deformační prvek [2].



Obr. 1 – Řez hydraulickou hadicí s koncovkou [3]



Obr. 2 - Nakrimpované hydraulické hadice [4]

Firem co se zabývají krimpovacími lisy není mnoho avšak výběr strojů je dostačující. Tento stroj (Obr. 3) je jeden z největších na trhu. Jeho udávána síla je 350 tun. Maximální průměr je 286 mm a váha je 1814 kg [5].



Obr. 3 - Hydraulický lis s více druhy čelistí [5]

Dalším odvětvím kde se hojně krimpování využívá je elektro průmysl, konkrétně krimpování koncovek na kabely. U strojů na hydraulické hadice byly stlačovací síly poměrně vysoké. Jinak tomu je u kabelů, kde koncovka má malý průřez a je měděná tudíž síly potřebné k deformaci jsou daleko menší. Z tohoto důvodu se používají pneumatické válce, poloautomatické zařízení s elektrickým pohonem nebo jen ruční kleště. Tato metoda je spolehlivější než pájení [6].



Obr. 4 - Nakrimpované koncovky na kabelech [7]

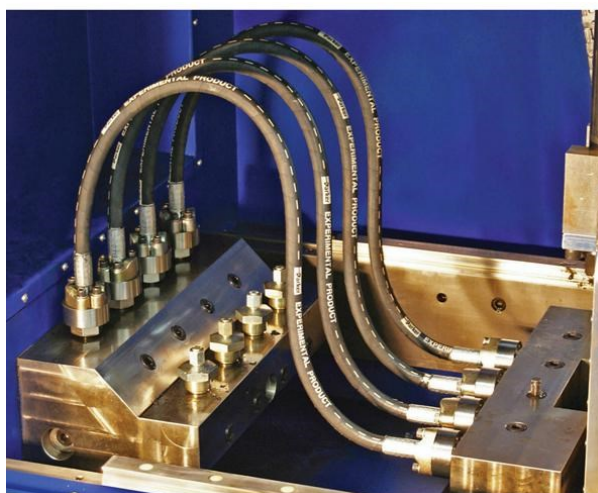
Pro velkosériovou výrobu lze použít krimpovací automat jako je uveden na Obr. 5. Tento automat od firmy Komax kabel stříhne, odizoluje a koncovku nakrimpuje bez pomoci obsluhy. Lze taktéž přidat množství procesních modulů jako pocínování, nasazení izolační dutinky apod. [8].



Obr. 5 - Alpha 355 S / 356 [8]

2.2 Testování hadic

Zkouška těsnosti hadic se provádí po krimpování koncovek, aby se otestovala těsnost celého prvku. Jedním z druhů testování je hydrostatické. Tato metoda je prováděna tak, že se jedna koncovka našroubuje na přívod kapaliny a druhá strana může být zaslepená. Poté je přivedena kapalina do hadice a zkoumá se jestli tlak neklesá. Při testování hydraulických hadic je nutné mít hadici v nenapnuté poloze. Testování se provádí před distribucí produktu. Tyto zkoušky lze provést i jako destruktivní, kde se zjišťuje maximální tlak a slabá místa [9].



Obr. 6 - Testované hadice hydrostaticky [10]

Další druh testování je pneumatický. Pneumatický test se provádí za použití nehořlavého plynu, jako je stlačený vzduch, dusík, hélium nebo vodík, aby se zjistily mikroskopické trhliny a vady tlakových prvků. Tato zkušební metoda zahrnuje měření změny tlaku uvnitř systému v průběhu časového období. Lze taky senzorem snímat bubliny, které by prvek vylučoval ve vodě nebo lze snímat množství plynu pomocí speciálních senzorů, které prvek vylučuje [11].



Obr. 7 - Tlakové snímače [12]

2.3 Značení produktu

Protože požadavky na popis se liší, je k dispozici více metod značení. Některé značení musí být trvalé a odolné vůči vnějším vlivům. Jiné viditelné a nést v sobě velké množství informací, které nemůžou být čitelné na první pohled. Pro takový typ lze použít například QR kód. V dnešní době lze popsat jakýkoliv pevný materiál a to buď deformačně, laserem nebo inkoustem.

2.3.1 Mikrouder

Jedná se o deformační metodu při, které hrot vysokou frekvenci kmitů vniká do tělesa. Lze takto popsat většinu materiálu. Výhodou tohoto značení je, že při povrchových úpravách kovu (zinkování, niklování, brynění) toto značení zůstane nepoškozené. Využívá se mimo jiné i ke značení štítkových hodnot elektrických strojů [13].

2.3.2 Laserové značení

Rostoucí požadavky na kvalitu, přesnost a rychlost značení, zapříčinily vznik laserového popisování materiálu. Lze popisovat dřevo, sklo, plast, ocel v jakékoliv úpravě, zlato, keramiku, drahé kameny apod. Výhodou je vysoká rychlost popisování. Dále lze značit rovinné i zakřivené plochy i v těžce přístupných místech. Princip je založen na ablaci (místní odpařování materiálu) čímž může dojít ke změně barvy materiálu. Toto značení je velice efektivní, mechanicky odolné, přesné a jinou metodou teoreticky nenapodobitelné. Toho všeho lze dosáhnout v krátkém čase a bez chemických přísad, inkoustů či jiné povrchové úpravě. Při povrchovém popisování nedochází k mechanickému poškození produktu, jelikož tloušťka odebíraného materiálu je několik mikrometrů. Jedná se o nejmodernější způsob značení, který nevyžaduje častý servis. Výkon laserů je od 10-50W [14].



Obr. 8 - Ukázka laserového značení na plastový výrobek [15]

2.3.3 Inkjet

Jedná se o inkoustové bezdotykové značení. Elektricky nabité částice jsou aplikovány vysokou rychlostí z tiskové hlavy na značený materiál a tím vytváří znak nebo vzor. Technologie inkjet patří mezi nejmodernější a nejpoužívanější technologie pro průmyslové využití. Tato metoda je nejvíce využívána v oblasti potravinářství, lahvárenství, automotive, chemie a výroby stavebních materiálů. Výhody jsou nízké vstupní náklady na pořízení, rychlosti tisku, nedestruktivní metoda, značení různými barvami, možnost značení takřka na všechny materiály. Implementaci do kontinuální linky nebývá většinou problém, jelikož hlavice není rozměrově velká a měla by být umístěna staticky. Vždy je lepší, když se pohybuje produkt, protože případné otřesy by mohly působit komplikace. Pokud se ovšem hlavice musí pohybovat tak musí být zajištěna kontinuální rychlost posuvu, jinak je nutné pojezd doplnit o enkodér tak, aby tiskárna měla přesné informace o rychlosti pohybu [16].



Obr. 9 - Příklad inkjet značení [17]

2.4 Balení

Automatizované balení je další součástí tohoto systému. Tyto stroje se využívají ve všech průmyslových odvětvích. Velmi častý je průmysl potravinářský. Typ balicího stroje se odvíjí od požadovaného produktu. Ten může být ve formě sypké, celistvé, tekuté atd. Pro sypké materiály se nejvíce využívají vertikální balicí stroje, kde v sýpce je umístěn produkt, ten je dávkován do sáčku, který je svařen a oddělen [18].



Obr. 10 - MH2bb [18]

Horizontální balicí stroje využívají dopravník, na kterém je přiváděn produkt. Sáčky jsou předpřipraveny a produkt je do nich dávkován nebo se sáčky skládají z jednoho podélného svaru a dvěma příčnými. Tato technologie se nazývá flow-pack. Sáčky mohou být z různých tloušťek. Další druhem sáčků jsou teplem smrštitelné fólie, které po zvýšení teploty přilnou k povrchu produktu. K balicím strojům jsou k dispozici nejrůznější periferie jako dopravníky, tiskárny, dávkovače, kontrolní váhy aj. [18].



Obr. 11 - MH5 [18]

3 Požadavkový list

Celkové požadavky

- Navržení zařízení pro krimpování, testování, popisování a balení hadic
- Automatický přenos OM mezi jednotlivými operacemi
- Počet hadic za minutu – 6 ks
- Výstupem bude zabalená hadice v uložení v přepravce

Požadavky pro krimpování

- Čas pro krimpování max. 8s
- Krimpovací tlak musí vytvořit těsné nerozebíratelné spojení
- Tolerance osově rozteče děr je 5 mm

Požadavky pro testování

- Požadovaný testovací tlak je 3 bar
- Testování bude pomocí stlačeného vzduchu
- Minimální testovací čas je 24 s
- Otestován musí být celý prvek i s koncovkami

Požadavky pro popis hadice

- Maximální popisovací čas je 5 s
- Popis musí být čitelný a viditelný
- Značení musí být umístěno vždy na stejném místě
- Značení nesmí poškodit hadici

Požadavky pro balení

- Hadice musí být baleny v plastovém sáčku
- Hadice nesmí být při balení deformována
- Obal pro hadici musí být nerozebíratelný
- Obal musí být průhledný

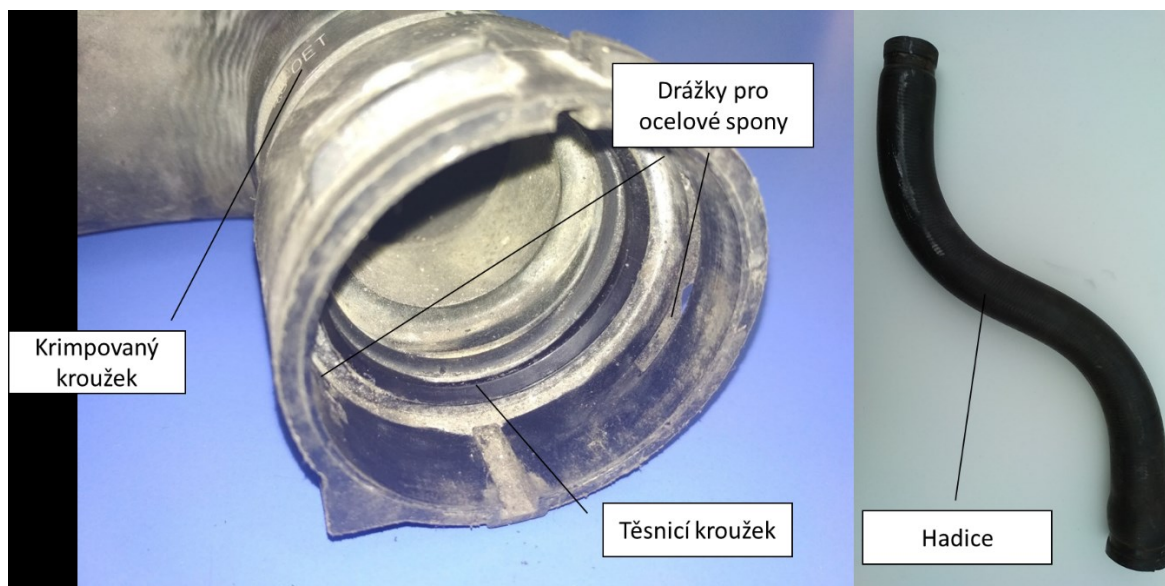
4 Analýza objektu manipulace

Objekt manipulace je hadice používána v automobilech mezi chladičem a přírubou na motorovém bloku. Koncovky jsou typu bajonet, to znamená, že při montáži se hadice pouze nasune na protikus a ocelové dráty udrží koncovku na místě. Koncovka těsní na gumovém kroužku ve vnitřní straně koncovky. Komponenta se skládá ze 4 částí a to hadice, dva ocelové kroužky a dvě koncovky. Deformován bude ocelový kroužek a vzniklé těsnění bude mezi vnitřním průměrem hadice a vnějším průměrem koncovky.



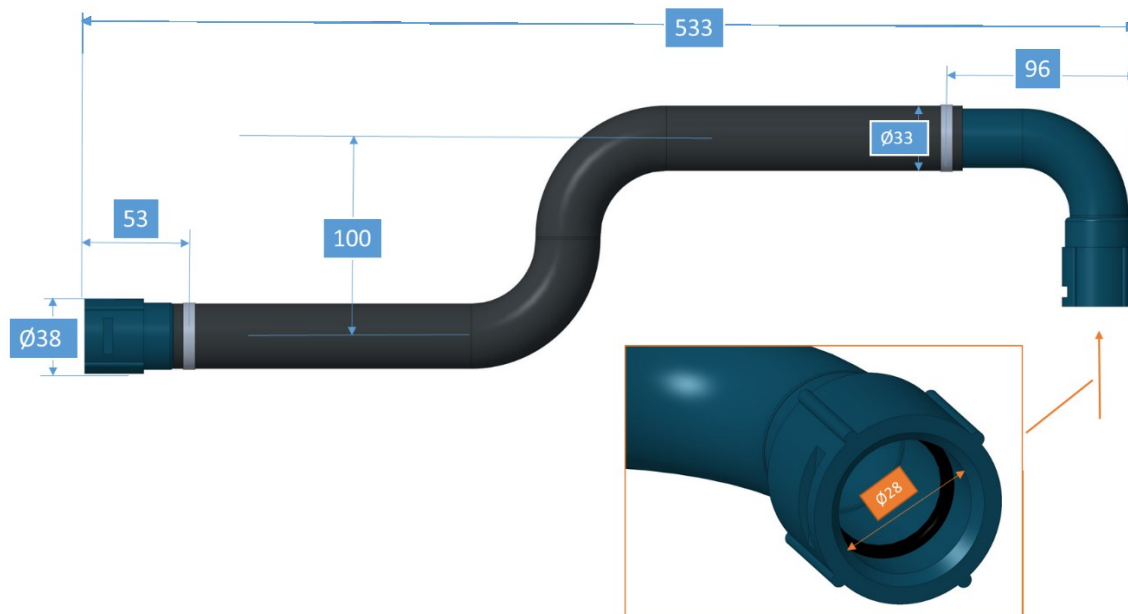
Obr. 12 - Hadice s koncovkami typu bajonet [19]

Jelikož nebyla k dispozici fyzicky hadice z obr. 12, bylo nutné ji nahradit dostupnou hadicí. Hadice zajišťuje stejnou funkci jako od firmy Schmiedmann.



Obr. 13 - Detail reálné koncovky a hadice

Na obrázku 14 jsou vykresleny důležité rozměry OM.



Obr. 14 - Funkční rozměry OM

Důležité parametry uvedeny v tabulce.

Maximální rozměry OM	533x136x38	[mm]
Váha OM	230	[g]
Materiál hadice	Pružný plast	[-]
Materiál koncovek	Plast pevný + ocelové kroužky	[-]
Materiál kroužků	Ocel	[-]
Provozní tlak	2	[bar]

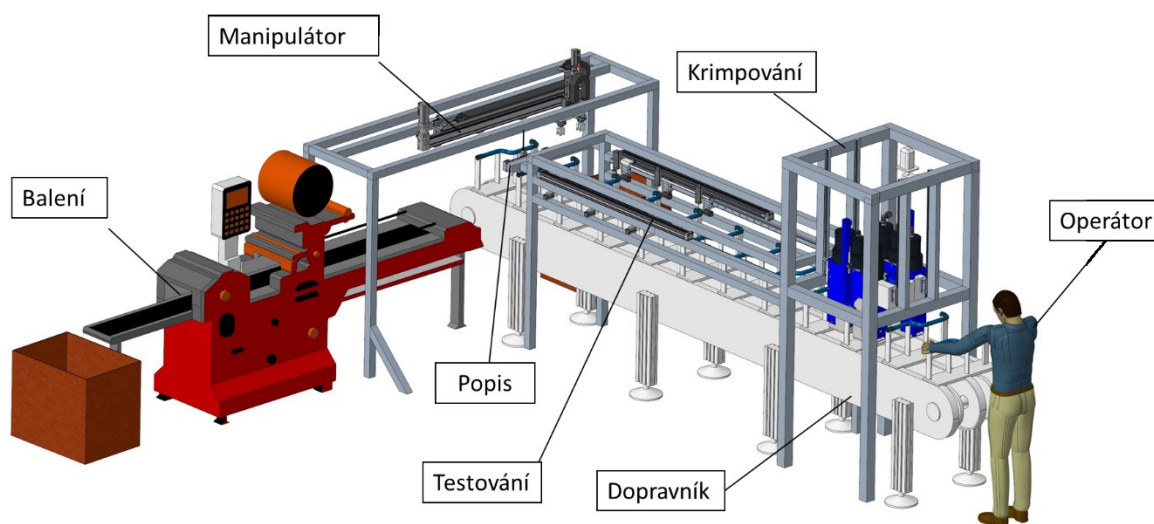
Tabulka 1 - Parametry OM

5 Varianty řešení

V této sekci budou popsány tři varianty řešení zařízení. Varianty byly vymodelovány do stádia, ve kterém je znám nutný počet pohonů a princip zařízení.

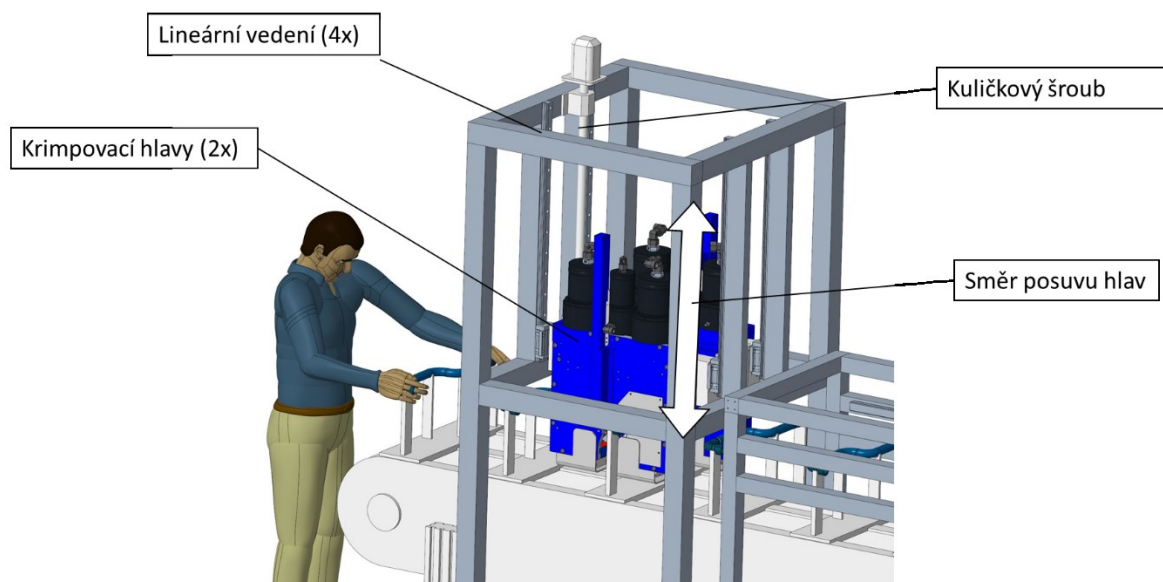
5.1 Varianta I

Tato varianta využívá dopravník jako mezioperační dopravu. Na začátku obsluha vloží do technologické palety OM a ustaví jej do předepsaných pozic, které na technologické paletě budou přesně vymezeny. Opakovaná přesnost polohy palety na dopravníku by musela být poměrně vysoká, pokud by se nedařilo dosáhnout požadované přesnosti, bylo by nutné dopravník doplnit o další pohony, které by paletu ustavily.



Obr. 15 - Celková sestava varianty I

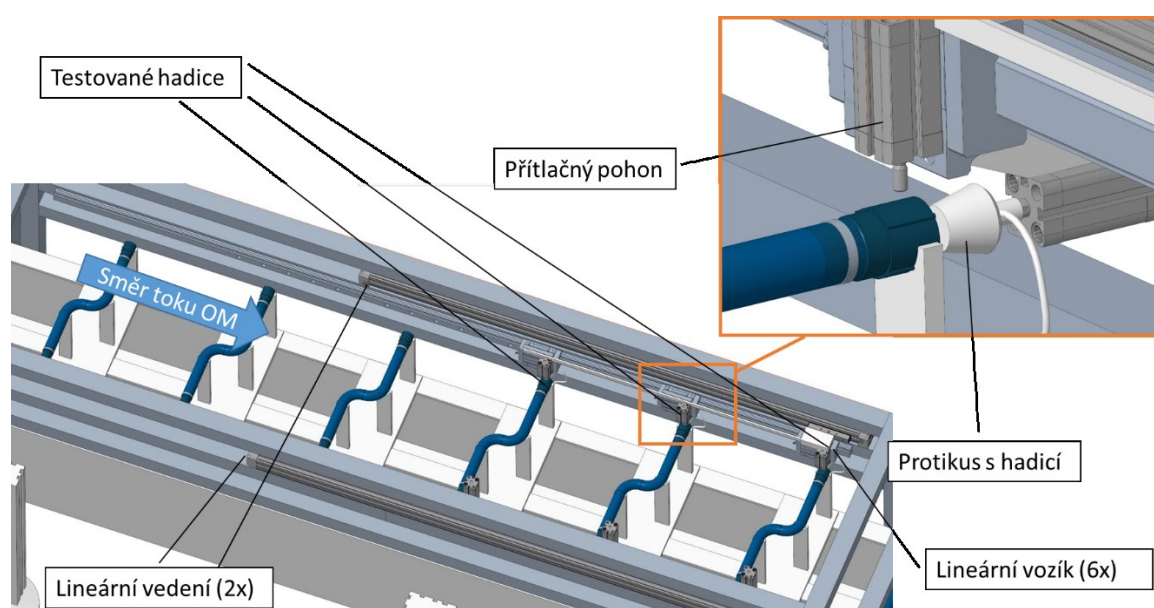
Po přijetí do požadované pozice se provede krimpování. Krimpovací hlavy se posunou do pozice pro krimpování. Přípravek pro ustavení OM musí být vytvořen tak, aby krimpovací hlavy měli dostatek místa pro posuv. Rám je sestaven z ITEM profilů a každou hlavu drží dvě lineární vedení. Pohon je umístěn nahoře na rámu a pro přenášení pohybu využívá kuličkový šroub.



Obr. 16 - Krimpování varianty I

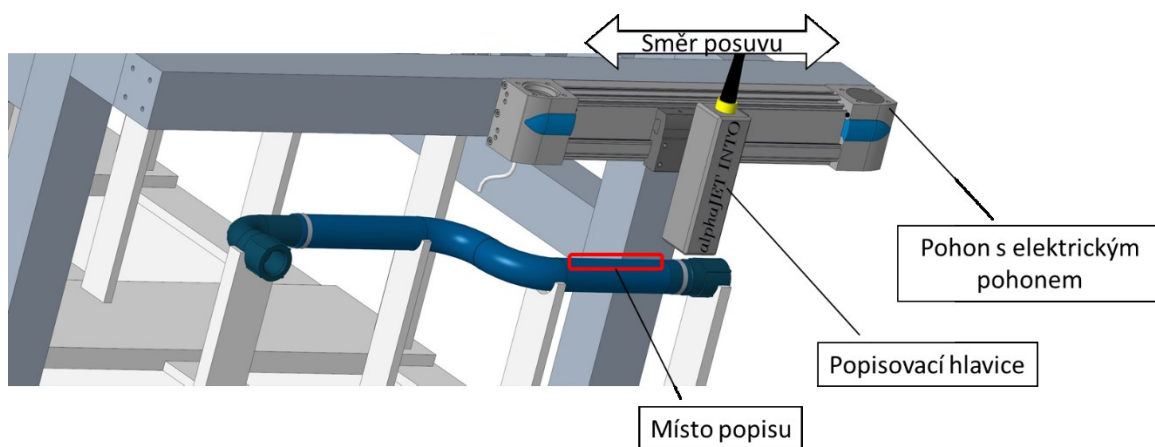
Poté se musí provést kontrola těsnosti hadic. Jelikož testovací čas je okolo 20 sekund, je nutné provést tuto kontrolu pro 3 hadice současně. Díky přítlaku pístnic není nutné synchronizovat posuv dopravníku a testovacích segmentů. Tyto části se budou posouvat zároveň s OM. Pro zpětné posunutí do původní polohy je použit bezpístový pneumatický pohon, který zasune testovací subsystém zpět do původní polohy.

Subsystém testování bude využívat 2 pneumatické pohony jako přítlačné. Další pohon utěsní jednu koncovku. V druhé ucpávce bude vyvrtaná díra a budou k ní přivedeny hadice, pomocí kterých se přivede tlak vzduchu do hadice a bude zjišťováno, zda tlak v závislosti na čase neuniká.



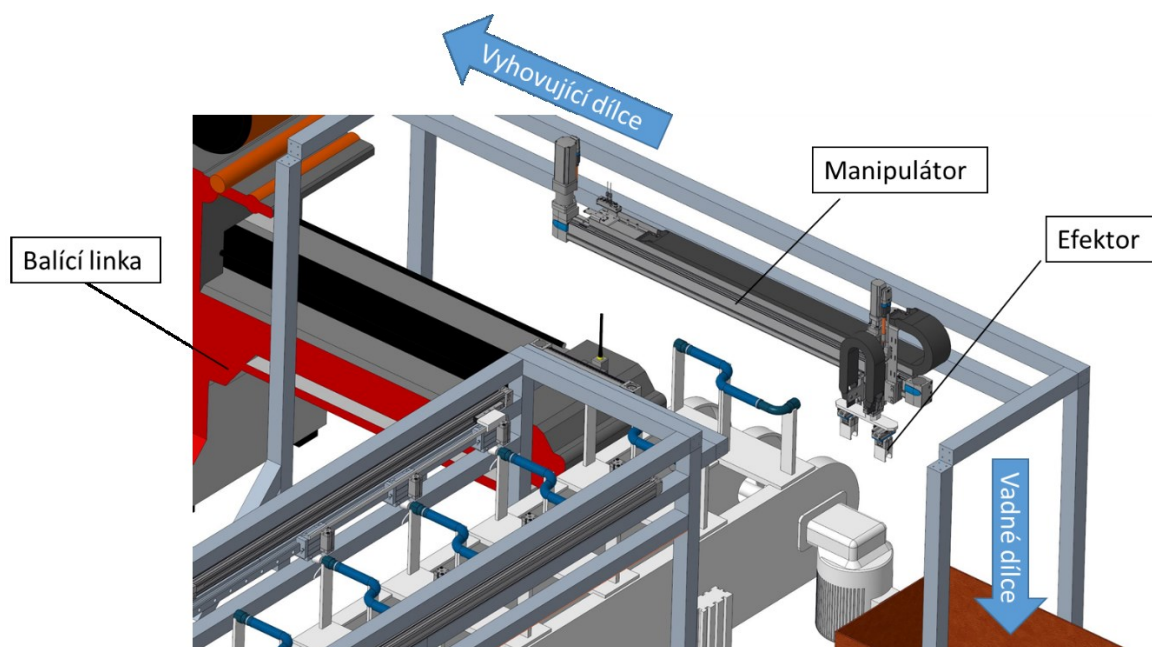
Obr. 17 - Testování varianty I

Po otestování se musí na každou hadici natisknout popis. Když je hadice vyhovující tak se popíše dle potřeb zákazníka, v opačném případě se označí jako vadná. Tisková hlava je umístěna na pohonu s ozubeným řemenem.



Obr. 18 - Popis varianty I

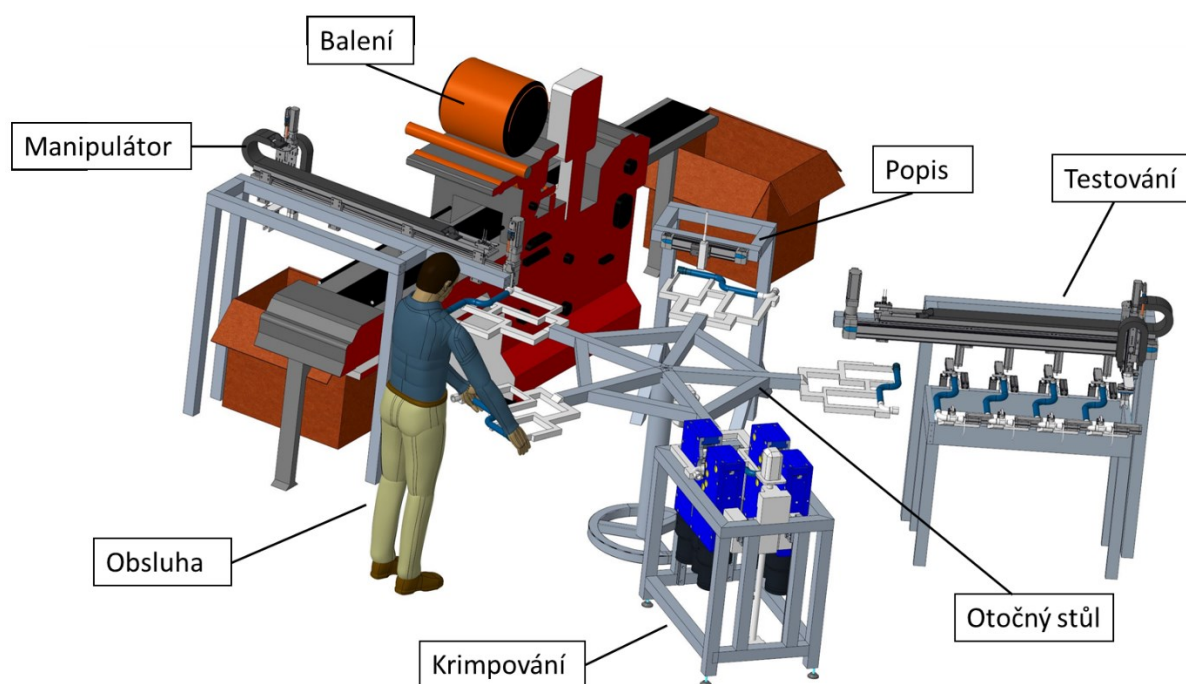
Na konci dopravníku je umístěn manipulátor, který přesouvá OM z technologické palety do krabice na vadné kusy nebo na dopravník balicího stroje. Balicí stroj bude koupený, jedná se o typ MH5. Tento stroj využívá technologie flow-pack. Po zabalení bude umístěn OM do přepravky.



Obr. 19 - Logistika balení varianty I

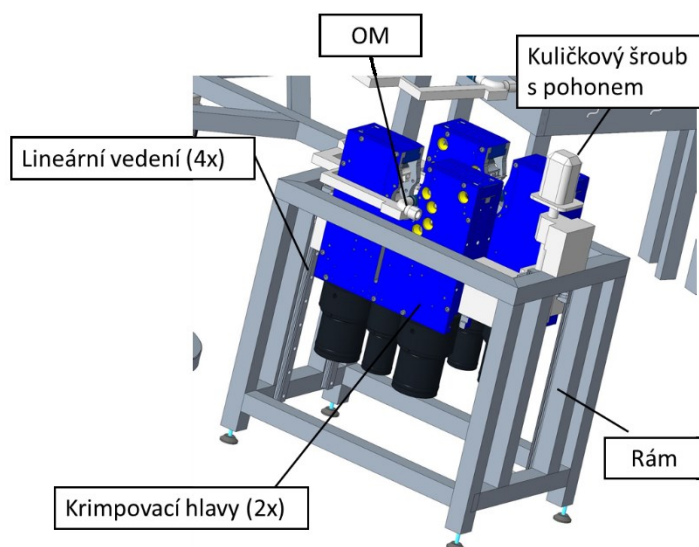
5.2 Varianta II

Druhá varianta se zásadně liší od té první, tím že pro mezioperační dopravu se nepoužívá dopravník, ale otočný stůl. Otočný stůl je rozdělen na 5 částí. V první sekci obsluha vloží OM do přípravku. V druhé se provede krimpování. Testování v třetí části je prováděno mimo rotační stůl, ze stejného důvodu jako v první variantě. Následně je proveden popis a zabalení produktu.



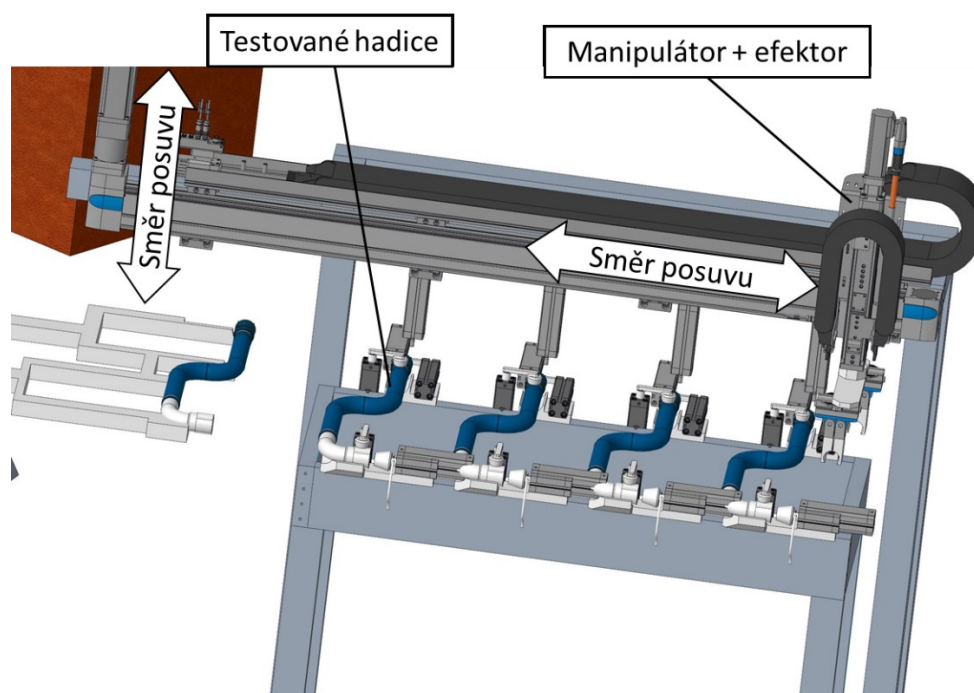
Obr. 20 - Celková sestava varianty II

Držák OM bude muset být zkonstruován tak, aby okolo hadice byl dostatek prostoru pro krimpovací hlavy. Každá hlava je umístěna na dvou lineárních vedeních. Tyto hlavy jsou spojeny, a proto může být použit pouze jeden elektrický pohon s kuličkovým šroubem.



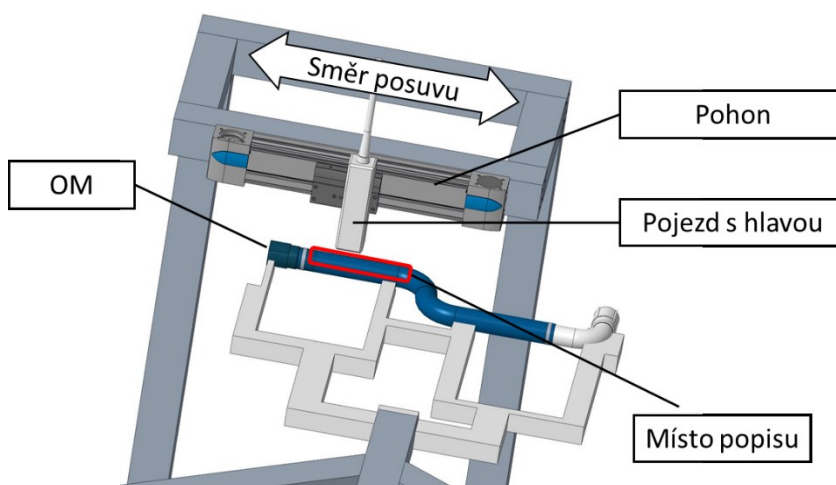
Obr. 21 - Krimpování varianty II

Testovací část je opět tvořena jako zásobník, kvůli délce testování. Pro výměnu je použit manipulátor, který bude muset mít dvě osy a obě elektricky poháněné. Testování opět proběhne tak, že jeden pneumatický pohon přitlačí koncovku OM a poté se do koncovky nasune protikus. Pro každou hadici budou 4 pneumatické pohony. Tři kyvné a jeden pístnicový.



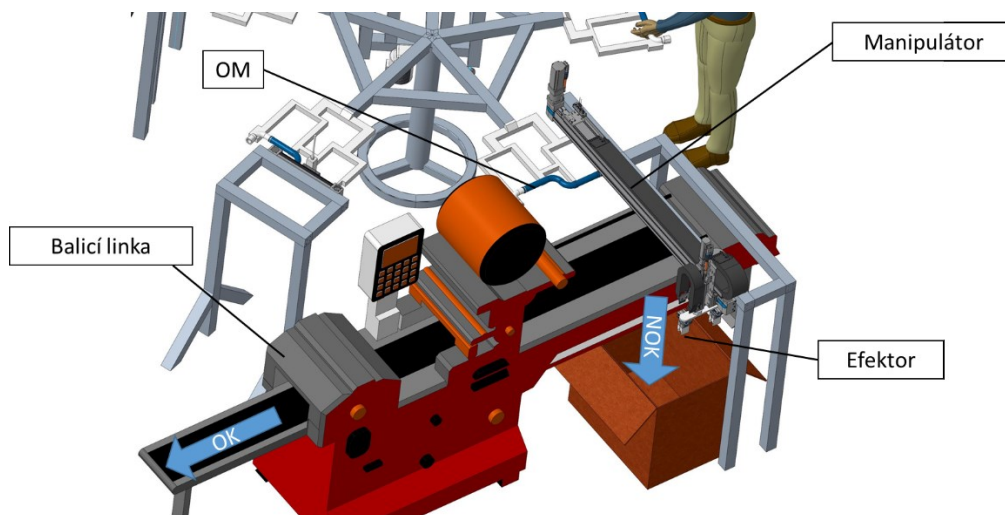
Obr. 22 - Testování varianty II

Popis se provádí obdobně jako v první variantě, s tím rozdílem, že hlavice je umístěna nad OM.



Obr. 23 - Popis varianty II

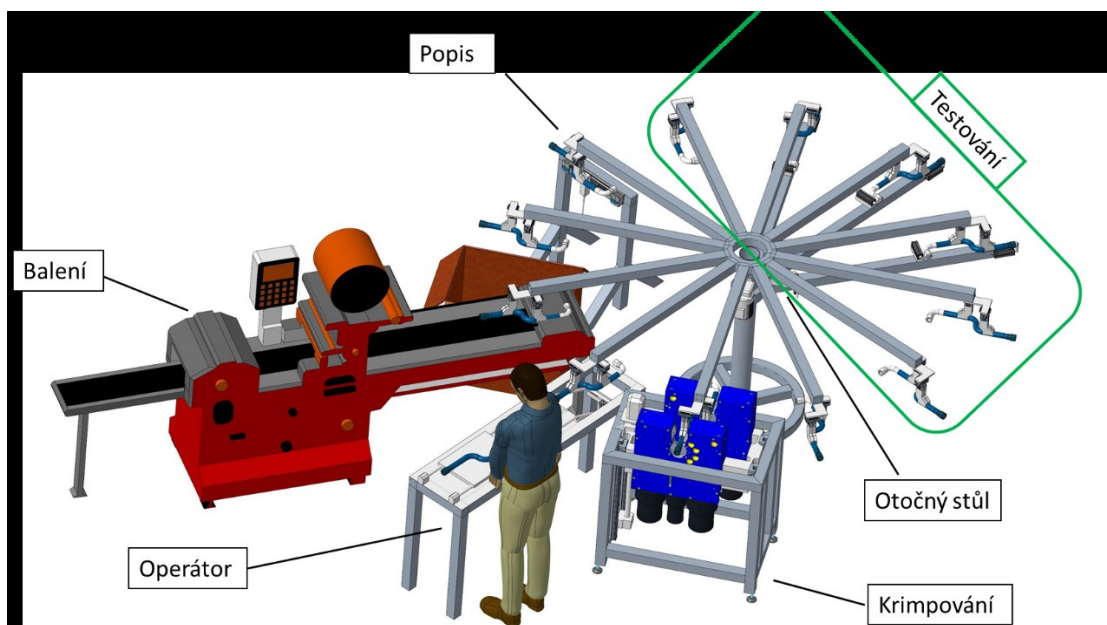
K přesunu na dopravník je opět použit manipulátor, který má dvě osy elektrické. Teoreticky lze použít vodorovný posuv elektrický a svislý posuv pneumatický. Na konci svislého posuvu je umístěn efektor pro jeden OM. Manipulátor přenesení OM buď na dopravník k zabalení, nebo do přepravky určené na vadné kusy.



Obr. 24 - Logistika balení varianty II

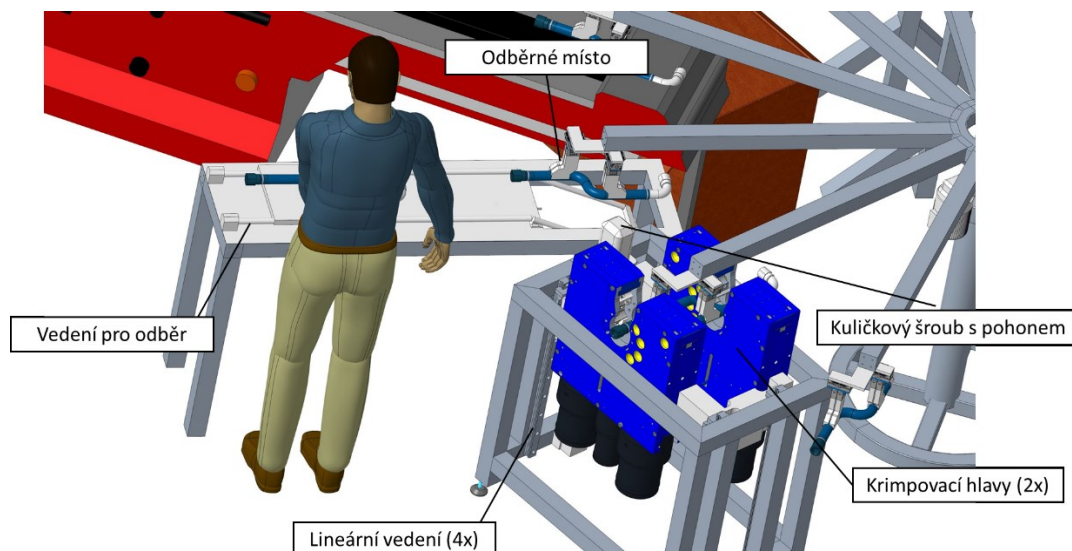
5.3 Varianta III

Třetí varianta kombinuje prvky z první a druhé varianty. Jedná se o rotační stůl, který má 12 pozic. Teoreticky je potřeba pouze 11. Dvanáctá pozice je navíc a to protože bude pravděpodobně potřeba více místa kolem krimpovací části. Každá pozice obsahuje dva kyvné pneumatické pohony. Jedná se tedy o 24 kyvných pneumatických pohonů.



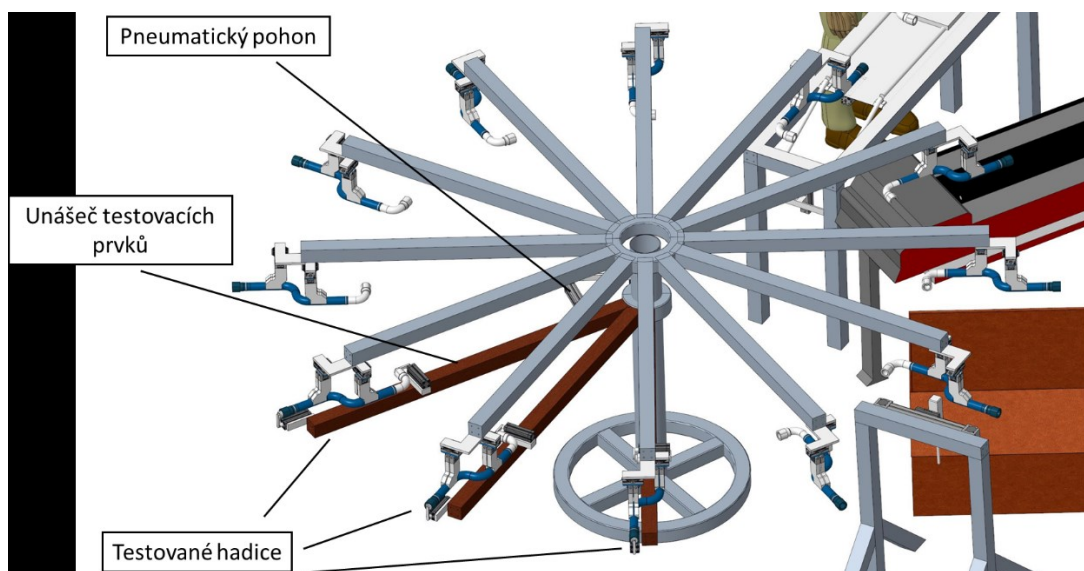
Obr. 25 - Celková sestava varianty III

Operátor výroby založí všechny části do přípravku, který je umístěn na lineárním vedení a připojen k pneumatickému pohonu. Potom co operátor dokončí ustavení, odsune se přípravek na odběrné místo, kde pneumatický efektor odebere objekt manipulace. Poté se přípravek sklopí a stůl se otočí o 30° do krimpovacího sektoru, kde figuruje stejný princip jako ve variantě druhé.



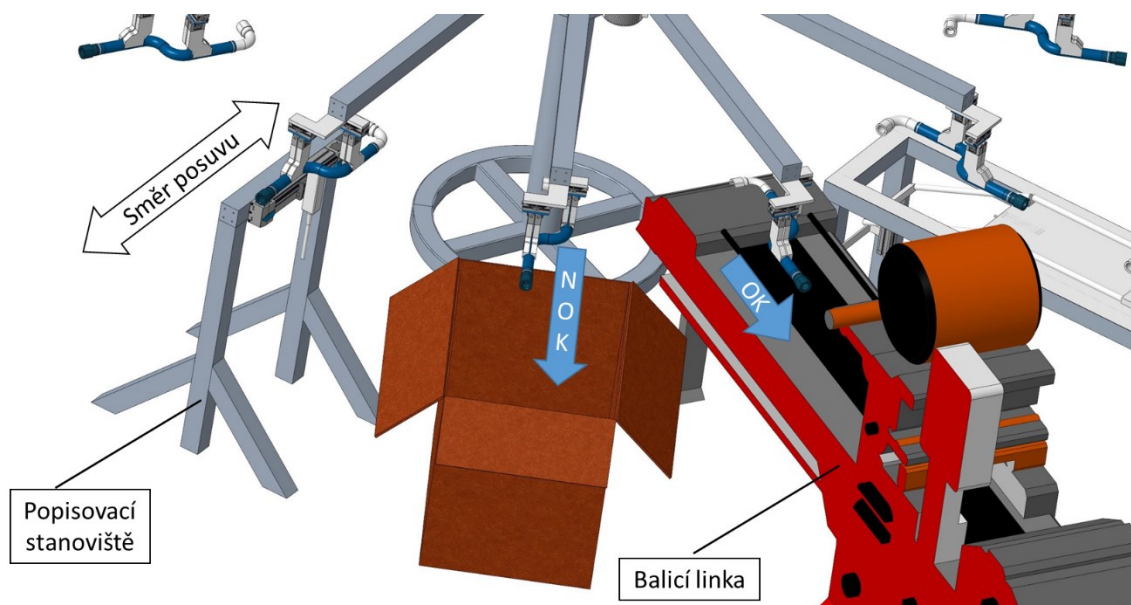
Obr. 26 - Krimpování a operátorské pracoviště ve variantě III

Testovací rám je umístěn na středové trubce stolu a je volně otočný v jednom směru a pro zpáteční pohyb je využit lineární pneumatický pohon. Pro testování je vymezen prostor šesti paprsků stolu, tím bude zajištěn dostatečný čas pro otestování. Unášec je na obrázku hnědý. Princip nasunutí protikusů do koncovek je stejný jako v předchozích variantách.



Obr. 27 - testování ve variantě III

Popis je prováděn tentokrát ze spodní strany na OM, v tom je jediný rozdíl oproti variantám předchozím. Výhoda této varianty spočívá v tom, že nemusí být použit ani jeden manipulátor. Pneumatický efektor upustí OM buď v místě pro nevyhovující výrobky, nebo o pozici dál, kde bude pokračovat na dopravníku do balicí linky.



Obr. 28 - Popis logistika balení ve variantě III

5.4 Přehled použitých pohonů ve variantách

V tabulce 2 je přehledně sepsáno, kolik pohonů je potřeba pro jednotlivé varianty.

	VARIANTA I	VARIANTA II	VARIANTA III
Pneumatický pohon	14	16	32
Hydraulický pohon	1	1	1
Elektropohon	3	3	3
Manipulátor	1	2	0

Tabulka 2 - Přehled pohonů ve variantách

6 Vícekriteriální analýza variant

6.1 Určení významnosti kritérii

Pro vybrání nejvhodnější varianty byla použita vícekriteriální analýza. Jako první byly zvoleny kritéria. Poté bylo metodou porovnání páru zjištěno, která varianta je nejdůležitější a dle rozsahu počtu voleb a zvoleném rozsahu významnosti, byla z grafu vytvořeného v programu Excel (Graf 1), vyčtena rovnice [5.1], jenž určuje hodnotu významnosti.

$$y = 0,5 \cdot x + 0,5 \text{ [5.1]}$$

Zkratka	Název kritéria
K1	Složitost výroby
K2	Počet pneumatických pohonů
K3	Počet elektrických pohonů
K4	Počet manipulátoru
K5	Složitost synchronizace

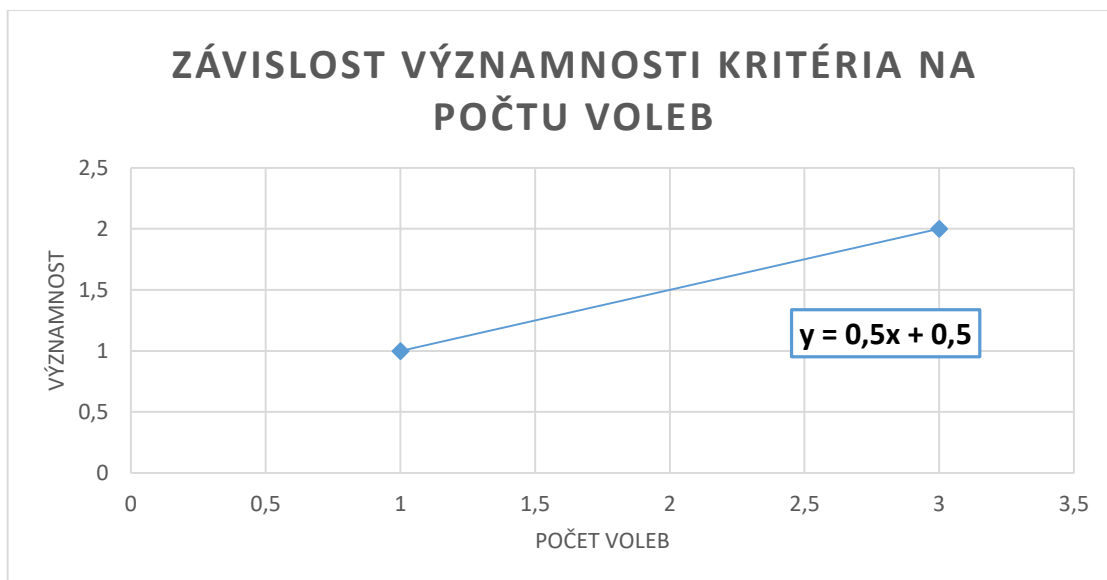
Tabulka 3 – Zvolené kritéria

Hodnoty kritérii	
Vysoká	5
Dobrá	4
Průměrná	3
Nízká	2
Nevyhovující	1

Tabulka 4 – Bodovací stupnice

Porovnání kritérií				Součet voleb (x)	Pořadí	Váha významnosti (y)
K1	K1	K1	K1	1	4. - 5.	1
K2	K3	K4	K5			
	K2	K2	K2	3	2	2
	K3	K4	K5			
		K3	K3	1	4. - 5.	1
		K4	K5			
			K4	5	1	3
			K5	2	3	1,5

Tabulka 5 - Porovnání metodou párů



Graf 1 – Závislost významnosti kritéria na počtu voleb

Pořadí	Kritérium	Váha
1.	K4 (Počet manipulátorů)	3
2.	K2 (Počet pneumatických pohonů)	2
3.	K5 (Složitost synchronizace)	1,5
4.-5.	K1 (Složitost výroby)	1
4.-5.	K3 (Počet elektrických pohonů)	1

Tabulka 6 - Konečné pořadí kritérii

6.2 Výpočty celkových indexů variant

Všechny hodnoty byly posouzeny na základě subjektivního názoru.

Varianta 1	Hodnota	Váha	Vážený index
K1	2	1	2
K2	5	2	10
K3	3	1	3
K4	1	3	3
K5	2	1,5	3
Celkový součet vážených indexů:			21

Tabulka 7 - Hodnoty varianty I

Varianta 2	Hodnota	Váha	Vážený index
K1	3	1	3
K2	4	2	8
K3	3	1	3
K4	1	3	3
K5	3	1,5	4,5
Celkový součet vážených indexů:			21,5

Tabulka 8 - Hodnoty varianty II

Varianta 3	Hodnota	Váha	Vážený index
K1	3	1	3
K2	1	2	2
K3	3	1	3
K4	5	3	15
K5	4	1,5	6
Celkový součet vážených indexů:			29

Tabulka 9 - Hodnoty varianty III

6.3 Vítězná varianta

Vítěznou variantu vybíráme podle největšího součtu vážených indexů varianty.

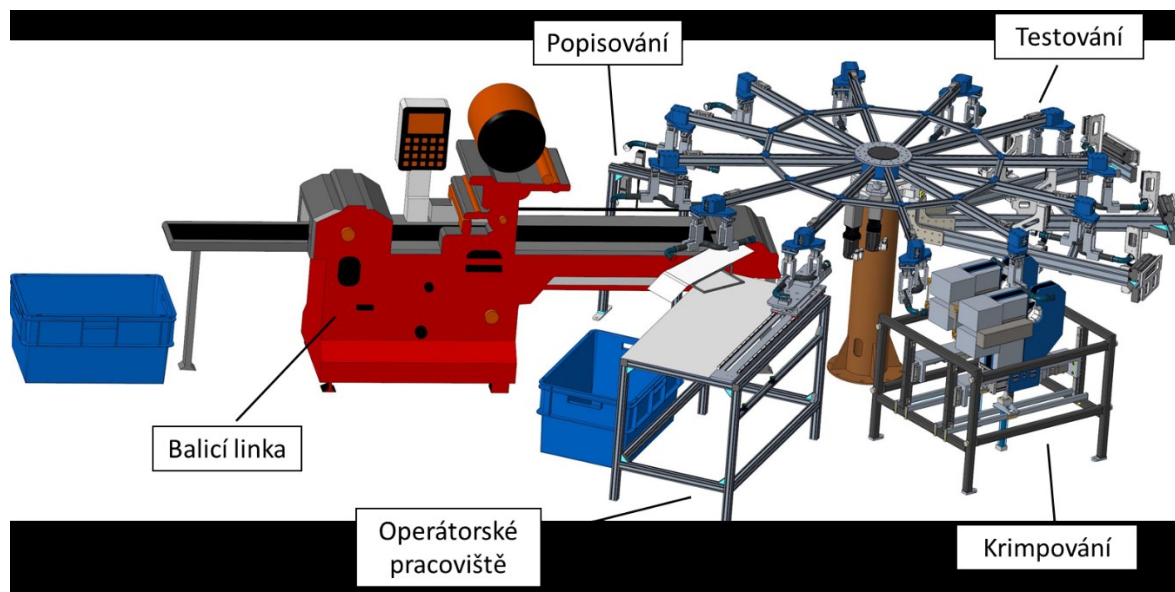
Varianta	Celkový součet vážených indexů
1	21
2	21.5
3	29

Tabulka 10 - Pořadí variant

Z tabulky (9) vyčteme, že vítězná je Varianta III.

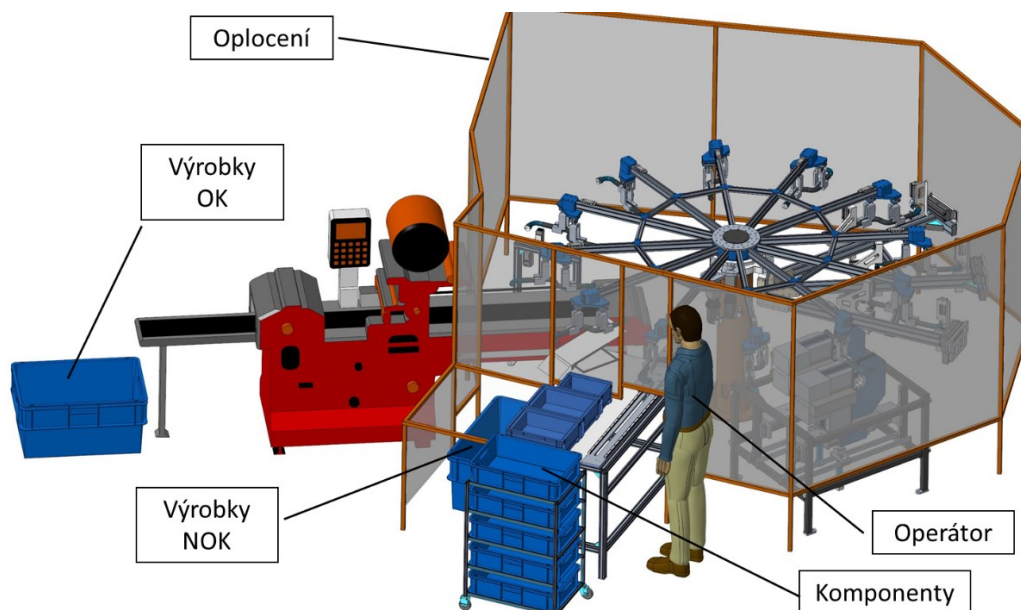
7 Konstrukční řešení vítězné varianty

Na obr. 29 vidíme dopracovanou variantu, která využívá rotační stůl jako mezioperační dopravu. Zařízení zajišťuje všechny požadované funkce a to krimpování, testování, popis, balicí linku i místo pro vadné kusy. Zařízení využívá pneumatické, hydraulické i elektrické pohony. Většina nosných částí je z hliníkových profilů, ale je použit i rám svařovaný. Jednotlivé části jsou přimontovány k zemi.



Obr. 29 - Celková sestava bez oplocení

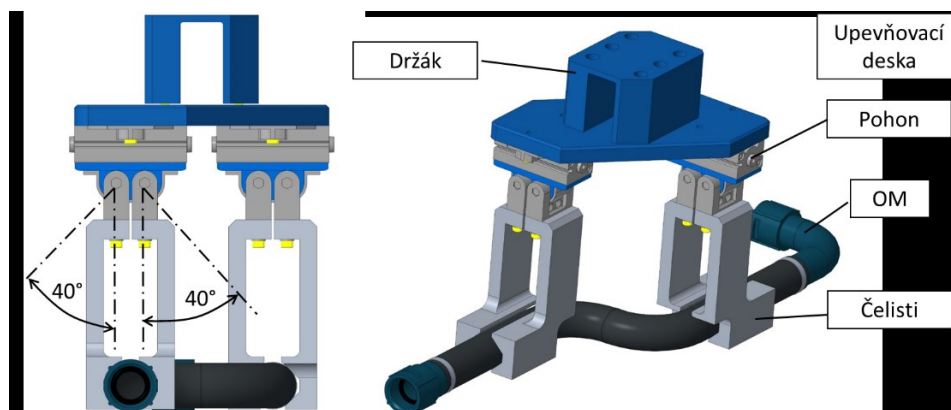
Na obrázku 30 je zobrazená dopracovaná varianta s oplocením a detailnější znázornění operátorského stanoviště.



Obr. 30 - Celková sestava s oplocením

7.1 Efektor OM

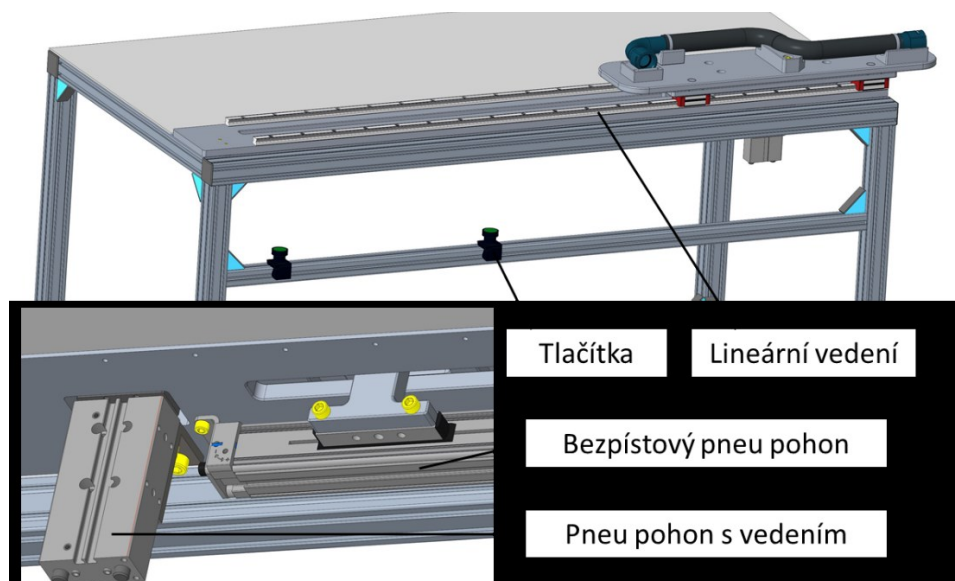
Efektor je umístěn na konci každého paprsku OM. Jedná se tedy o 12 efektorů a každý z nich je složen ze dvou kyvných pneumatických pohonů. Tyto pohony můžou být ovládány stejným rozváděčem. Na každém pohonu jsou umístěny dvě čelisti. Maximální rozevření čelistí je 80° . Čelisti mají takový tvar, aby nebránili krimpovací hlavě v dosažení požadované polohy a ani následnému krimpování. Držák, upevňovací deska i čelisti jsou navrženy z duralu.



Obr. 31 - Efektor OM

7.2 Pracoviště operátora

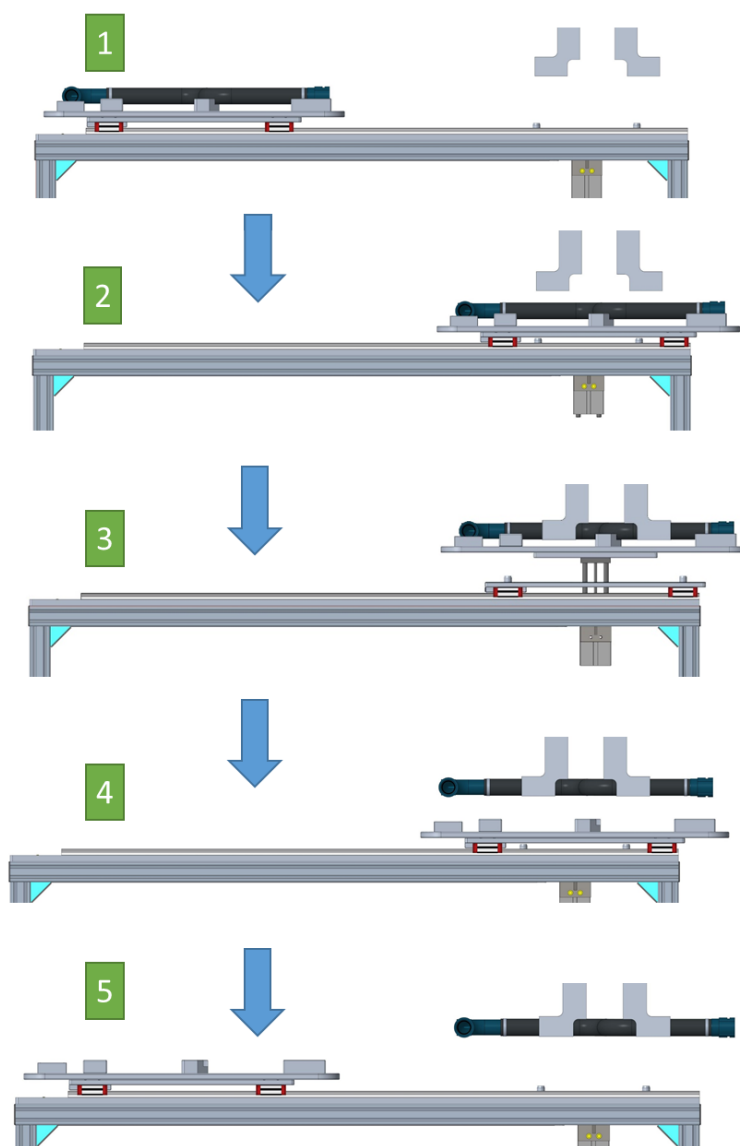
Pracoviště operátora se skládá z šroubovaného rámu z hliníkových profilů. Na rámu je umístěna hliníková deska s drážkou a k ní přišroubované lineární vedení. Ze spodní strany je upevněn pneumatický pohon bezpístový a další s integrovaným vedením.



Obr. 32 - Operátorské pracoviště

Princip funkce pracoviště

1. Operátor uloží jednotlivé komponenty do předepsaných pozic. Tím se zajistí předepsaná délka hadice a orientace koncovek.
2. Po ustavení operátor zmáčkne tlačítka pod stolem. Musí být stlačeny najednou a v určitém intervalu. Poté se ustavovací deska odsune do pozice pro odběr OM na koncovou polohu pneumatického pístu.
3. Pokud bude připraven efektor pro odběr OM, vysune se píst a tím nadzvedne celou ustavovací desku do koncové polohy pístu.
4. Čelisti efektoru se sklopí a uchopí OM. Poté se píst vrátí do původní polohy.
5. Až dosáhne pohon koncové polohy, uvolní upevňovací desku a může být přemístěn do polohy pro operátora takovou rychlostí, aby byla splněna bezpečnost

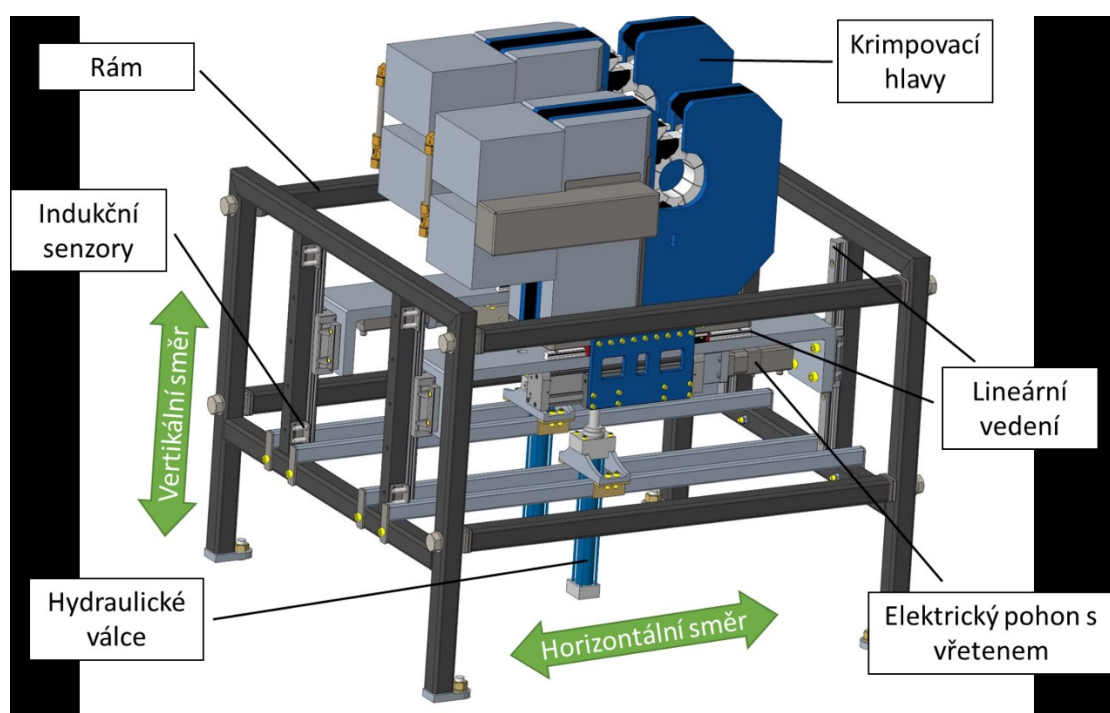


Obr. 33 - Jednotlivé kroky posuvů

7.3 Krimpování

Pro krimpovací byl navržen ocelový rám, který je částečně svařovaný a poté šroubovaný. Čelní strany se svaří, poté se obrobí a poté se rám teprve smontuje. Na rámu jsou namontovány lineární vedení, pro každou hlavu dvě. K vozíkům je přišroubována nosná část hlavy a motoru. Nosná část je ocelová a její posun ve vertikálním směru je zajištěn hydraulickým válcem o zdvihu 200 mm. Není nutno pořizovat další agregát, jelikož pohon krimpovacích hlav je taktéž hydraulický, tak může být s největší pravděpodobností použit. Každá hlava má svůj vlastní válec. Hlava je uložena opět na lineárním vedení, protože svislá osa krimpovací pozice a osa vytažení není shodná. Je nutno tedy hlavu polohovat do pozice pro zasunutí hadice a poté hlavu polohovat do pozice pro krimpování. Tento posuv zajišťuje krokový motor připojený na pohon s vřetenem. Tento pohon má prodloužené saně, ke kterým je připojený díl zajišťující přenos síly na podstavu hlavy.

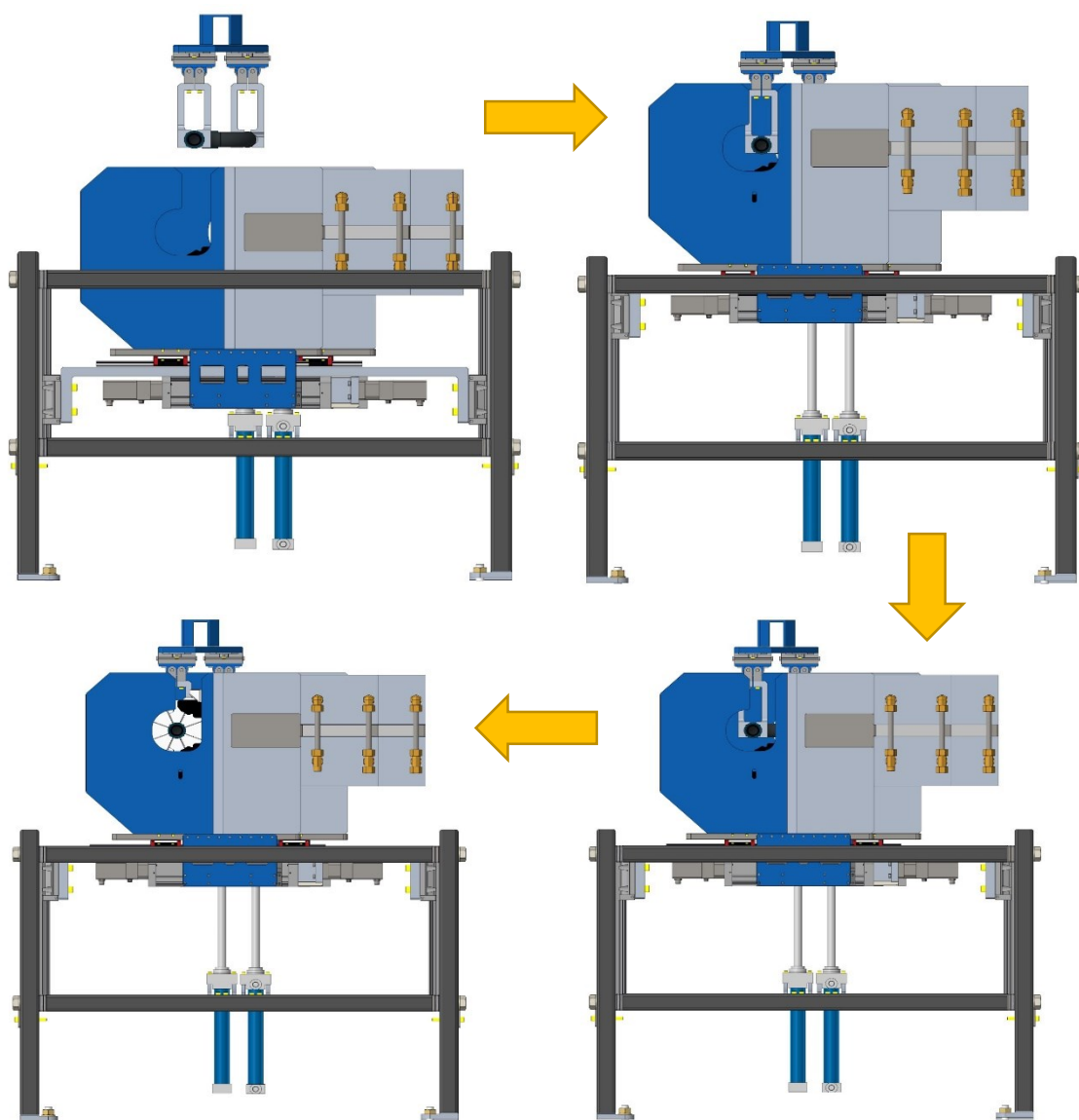
Pozice hlavy pro vertikální posuv bude dosažena pomocí dvou indukčních senzorů na obou koncových polohách. Sestava se bude pohybovat určitou rychlostí a ve chvíli kdy sepne první indukční snímač, zpomalí se rychlost na polovinu. Po sepnutí druhého snímače se posuv zastaví. Požadovaná opakovaná přesnost je 2 mm. Nelze použít integrované odměřování na válci kvůli velkým rozměrům. Pro horizontální posuv lze použít vestavné přibližovací čidla, které se umísťují do T drážek.



Obr. 34 - Sestava krimpování

Jednotlivé kroky posuvu hlavy

1. Objekt manipulace je v pozici nad hlavou.
2. Hydraulické válce se vysunou směrem nahoru a OM se dostane do požadované pozice.
3. Krokový motor posune hlavu do požadované polohy OM v horizontální ose.
4. Čelisti se posouvají ve směru do osy kroužku a tím ho deformují a vytváří tak nerozebíratelné těsné spojení.
5. Čelisti se rozepnou a vytvoří tak opět prostor pro vysunutí OM z hlavy. Postup se opakuje v opačném pořadí.



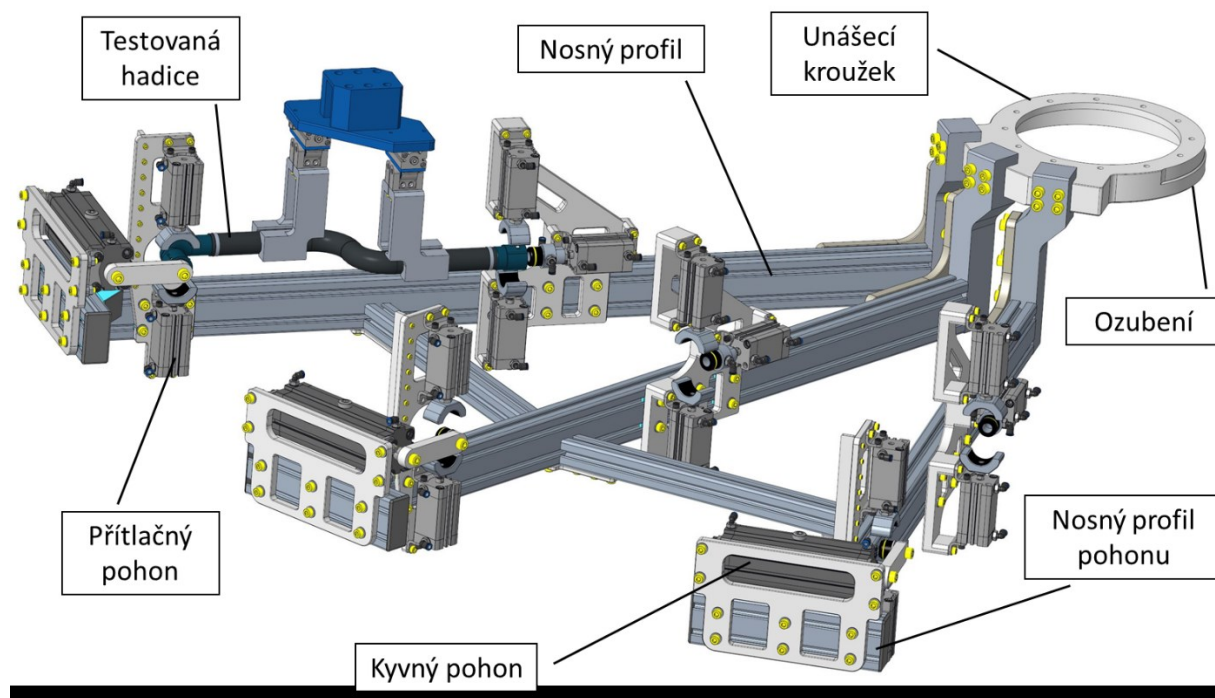
Obr. 35 - Postup krimpování

7.4 Testování

Na obrázku 36. je zobrazena sestava pro testování. Celá tato sestava je připevněna k unášecímu kroužku, jenž je připevněn na ložisko se zkříženými válečky, a to je připojeno k rotačnímu stolu. Testují se tak tři hadice najednou. Unášecí kroužek má na sobě ozubení, které slouží k polohování do původní polohy popřípadě k synchronizaci pohybu s rotačním stolem. Využit je k tomu servomotor, připojen taktéž ke středové části. Detaily tohoto pohonu budou rozebrány v následující kapitole.

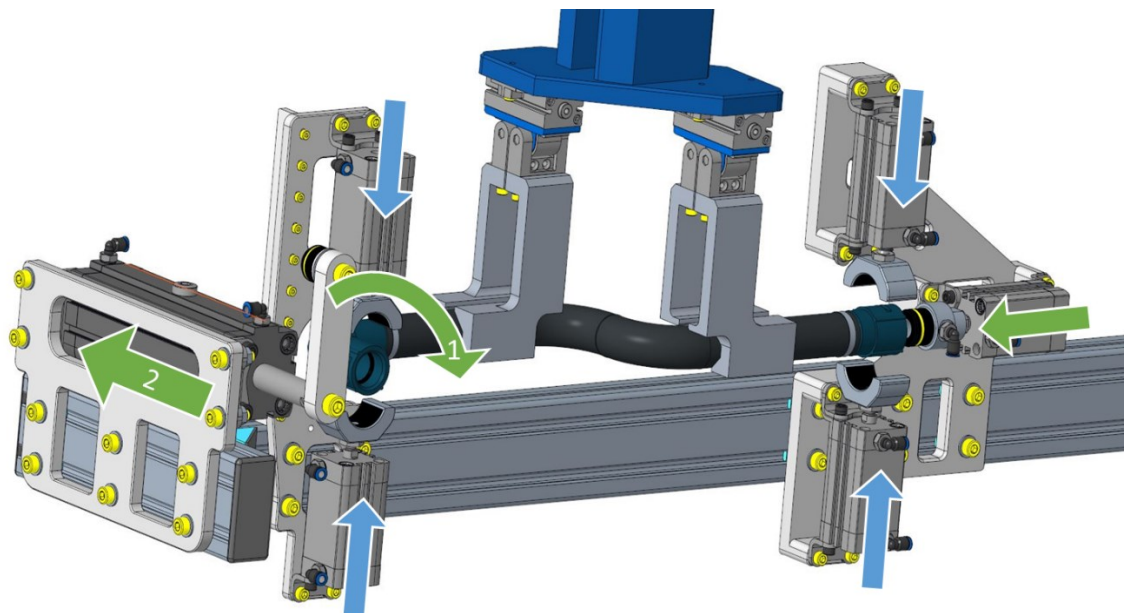
K unášecímu kroužku je přišroubována vidlice a k ní hliníkový profil. Tento profil byl použit z důvodu jednoduché montáže dalších prvků pro testování, jako rozvaděče nebo tlakoměry. Hliníkový profil je navíc vyztužen dvěma profily ve spodní části, kvůli kmitání při změně zrychlení. K hlavnímu profilu je připevněn další profil o stejných rozměrech sloužící k uchycení kyvného pohonu. Celý rám je šroubovaný.

Pro celou sestavu testování je využito 15 přímočarých pneumatických válců a 3 kyvné od firmy FESTO. Tyto kyvné válce slouží jako upínka, proto je možné na ně působit klopným momentem.



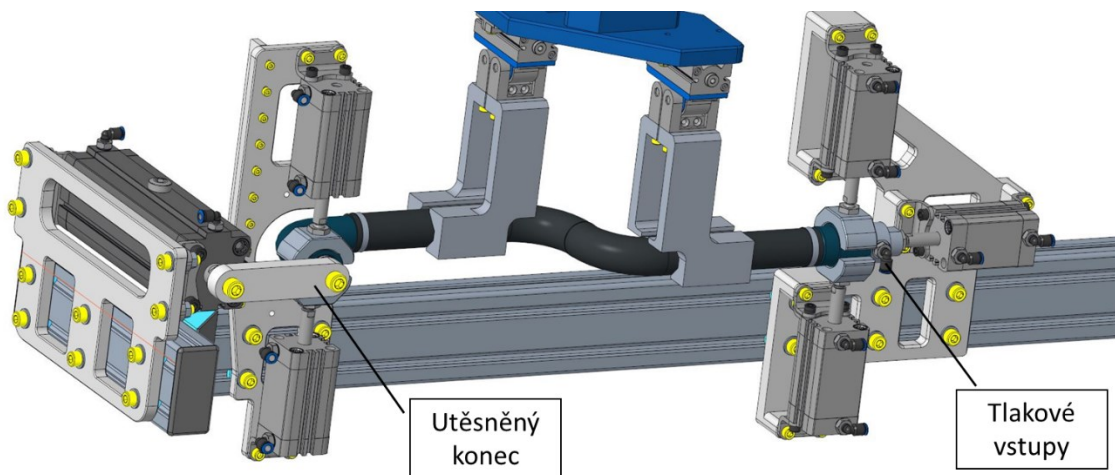
Obr. 36 - Sestava testování

Testování musí probíhat nejméně 24 s. Hadice se utěsní tak, že nejprve se vysunou pneumatické válce (modré šipky viz Obr 37). Pneumatické válce na konci mají pogumovanou čelist z duralu, pokud tyto čelisti nebudou vhodné z důvodu opotřebování, budou muset být nahrazeny čelistmi plastovými. Po vysunutí válců se koncovka vystředí.



Obr. 37 - Zobrazení pohybu válců pro testování

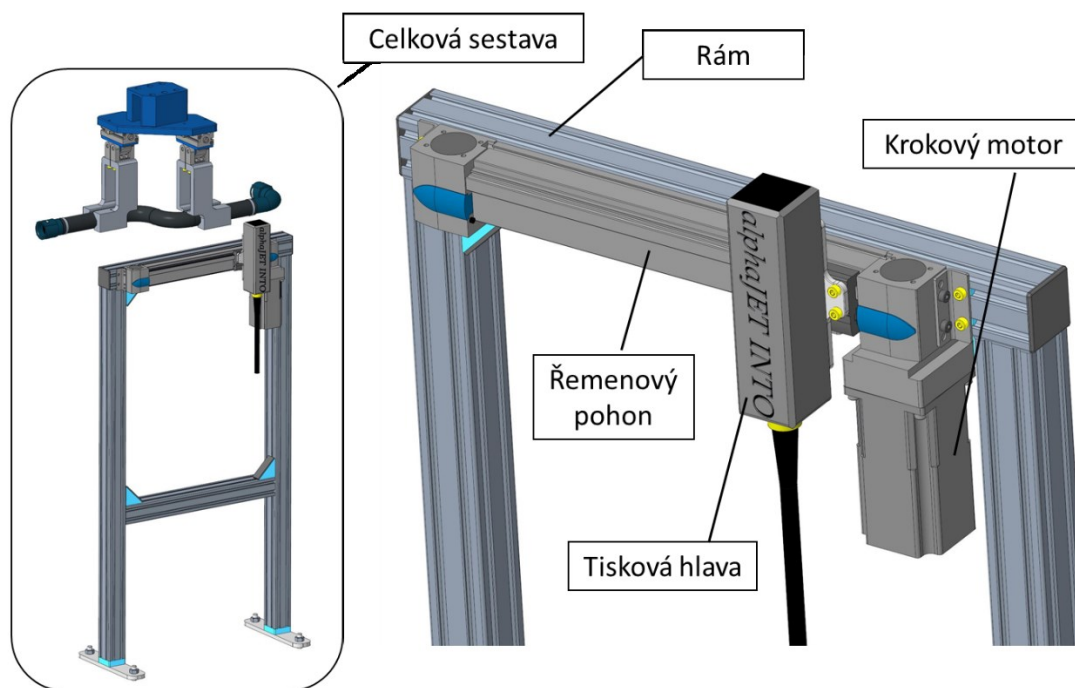
Poté co je koncovka vystředěna a přidržovaná čelistmi z obou stran, dojde k nasunutí ucpávky na obě koncovky. Kyvný pohon zajistí pouze utěsnění koncovky. Směr pohybu je znázorněn na obr. 37.. První pohyb je rotačního smyslu a poté se válec zasune ve směru přímočarém. Na druhé straně hadice je pouze přímočarý pohon. Protikus koncovky umístěn na pístu má v sobě dva vývody pro tlakoměry z důvodu bezpečnosti měření. Na obou koncích vývodu budou umístěny tlakoměry a na jednom z nich bude připojený elektromagneticky ovládaný ventil pro regulaci tlaku vzduchu v hadici.



Obr. 38 - Utěsněná hadice pro testování

7.5 Popis hadice

Popis hadice je prováděn po otestování a je pro to vyhrazen jeden paprsek rotačního stolu. Rám je šroubovaný z hliníkových profilů a k zemi je přichycen pomocí matice, závitové tyče a chemické kotvy. Takto jsou připevněny v podstatě všechny sestavy zařízení. Na rámu je umístěn řemenový pohon řízený krokovým motorem. K saním pohonu je přišroubována příruba pro tiskovou hlavu. Připojovací rozměry tiskové hlavy nejsou známy. Do tiskové hlavy vede z řídicí jednotky 4m dlouhý kabel. Pro posuv není možné použít pneumatický pohon, z důvodu nestálé rychlosti.



Obr. 39 - Sestava popisování

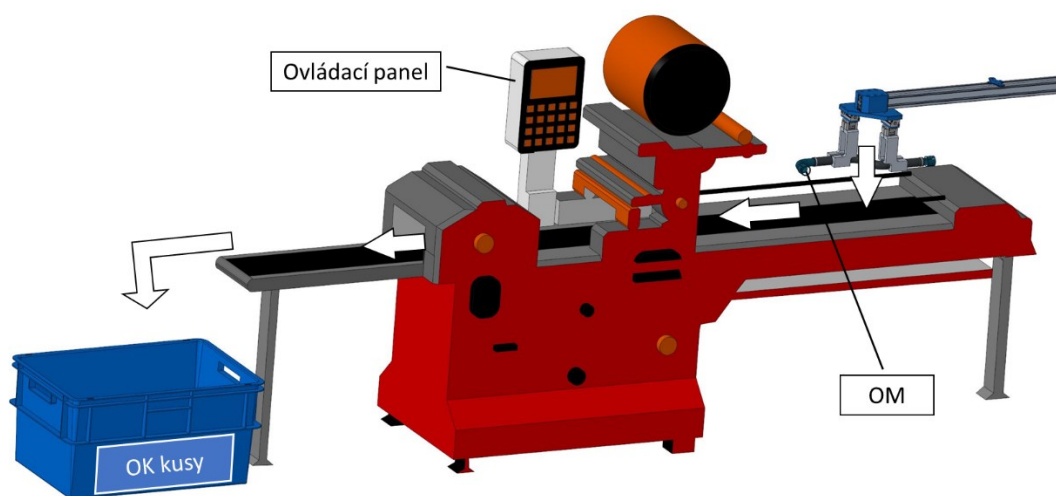
Pro potisk byla použita tiskárna Alphajet Into. Jedná se o průmyslovou tiskárnu, která může tisknout i barevné značení. Tiskárna je velice rychlá, tato dokáže až 2800 znaků za sekundu. Potisk na hadici odpovídá cca 26 znakům (8x60mm), což tiskárna zvládne s přehledem.



Obr. 40 - Alphajet Into

7.6 Balení

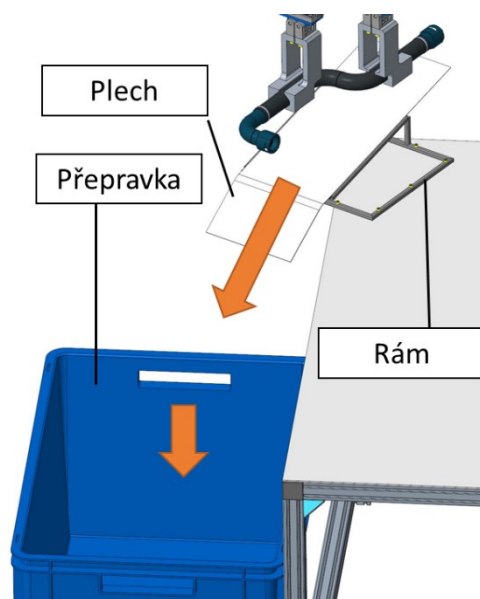
Zabalení produktu je prostřednictvím balicí linky. Balicí linka je typizovaná a má v sobě integrovaný dopravník. Jedná se o typ MH5, zmíněný na v kapitole 2.4. Jelikož efektor není pasivní, lze otevřít čelisti nad dopravníkem a OM spadne na pás. Poté pokračuje dále na dopravník, kde ve střední části se produkt zabalí do fólie o síle dle požadavků zákazníka. Obal bude svařovaný a to jedním podélným a dvěma příčnými sváry. Každý produkt bude v samostatném obalu, který lze doplnit o popis či čárový kód. Maximální výkon je 210 ks/hod což je dostačující [18]. Na konci dopravníku spadnou zabalené produkty do Euro přepravky pro vyhovující kusy.



Obr. 41 - Sestava balení

7.7 Ukládání vadných kusů

Vadné kusy jsou ukládány do podobné plastové přepravky, jako výrobky vyhovující. Z důvodu nedostatku místa musí být OM usměrněn svařencem, na kterém je umístěn nerezový plech z důvodu menšího koeficientu tření. Plech může být upraven dle potřeb při zkušebním provozu zařízení. Přepravka bude umístěna za dveřmi a bude k ní mít přístup pouze kvalifikovaný personál.

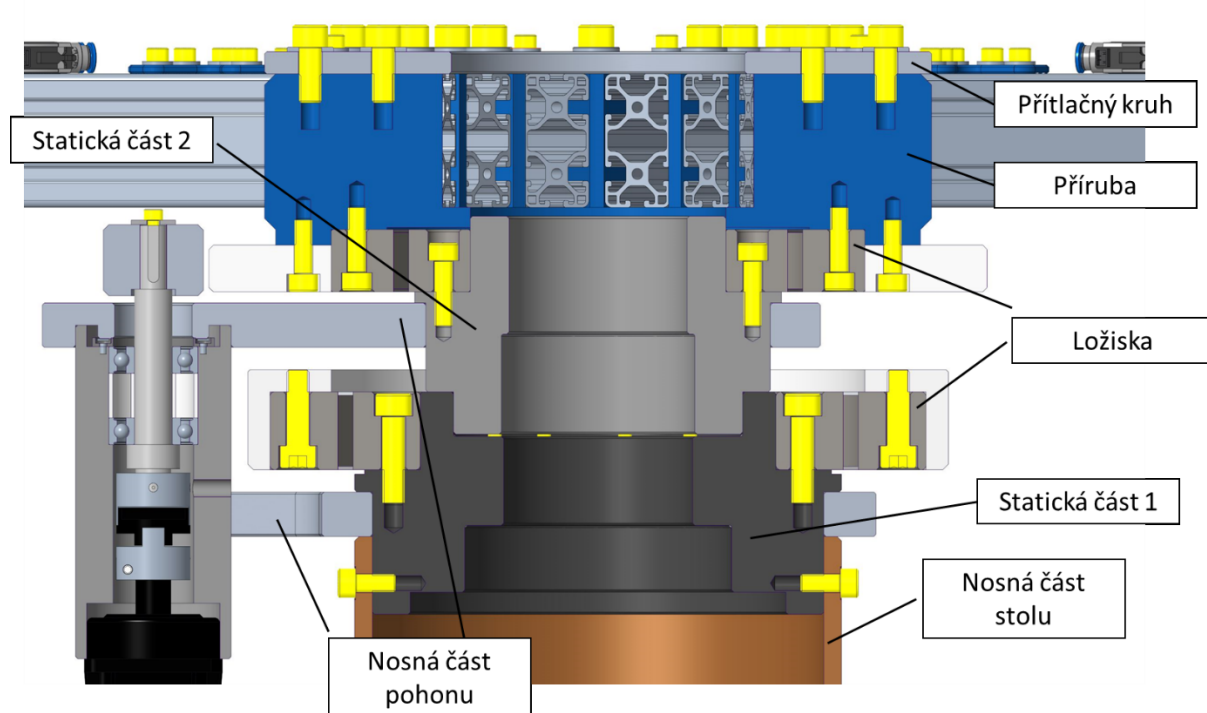


Obr. 42 - Ukládání zmetků

7.8 Rotační stůl

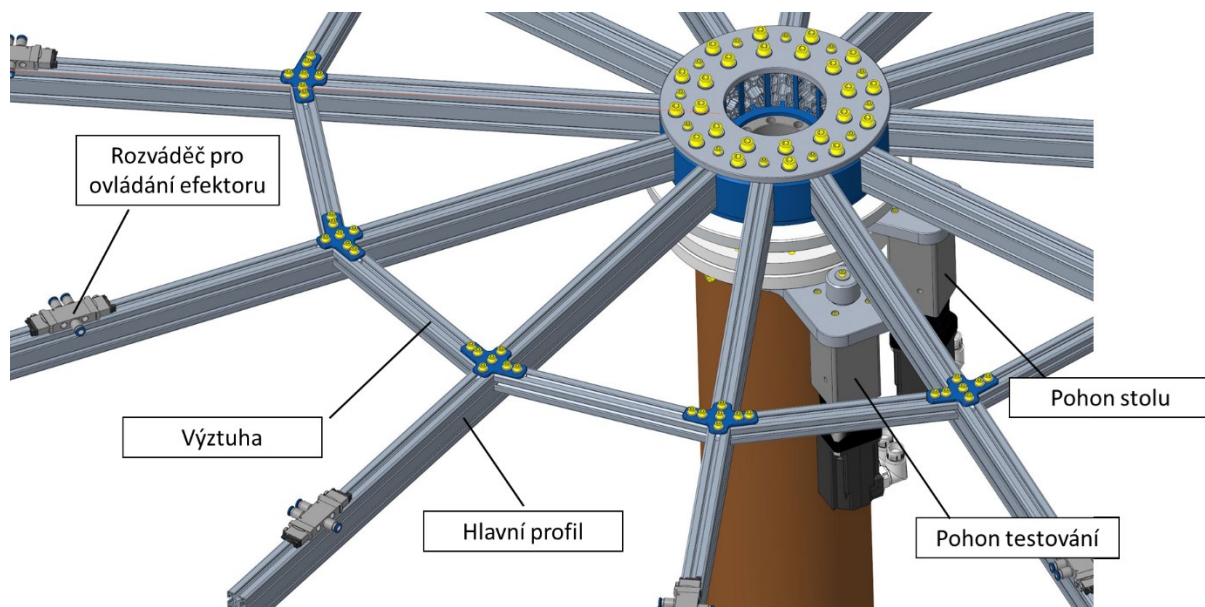
Rotační stůl je stěžejní jednotka celého zařízení. Nosným prvkem je trubka o tloušťce stěny 8 mm. K trubce je přivařena příruba a žebrovaní pro připevnění k zemi. V trubce je také vypálena díra pro vstup kabeláže a stlačeného vzduchu. K horní části je připevněna první statická část. Na tu je nalisována nosná část pohonu pro testování. Na horní stranu je přišroubováno ložisko se zkříženými válečky. K ložisku je taktéž přišroubován unášec pro testovací profily, pro který je určený pohon. Pohon se skládá ze servomotoru, planetové převodovky a ložiskového domku. Na výstupu hřídele z ložiskového domku je upevněn pastorek.

Z důvodu montáže je další statický díl přišroubován. Vystředění je pomocí přesných děr. K tomuto dílu je opět připojeno ložisko se zkříženými válečky, ovšem menšího rozměru. K ložisku je připojeno ozubené kolo, které zajišťuje otáčení stolu a z horní strany je připevněna pomocí šroubů hlavní příruba pro připojení všech dvanácti profilů. Na horní straně příruby je přítlačný kruh těchto profilů.



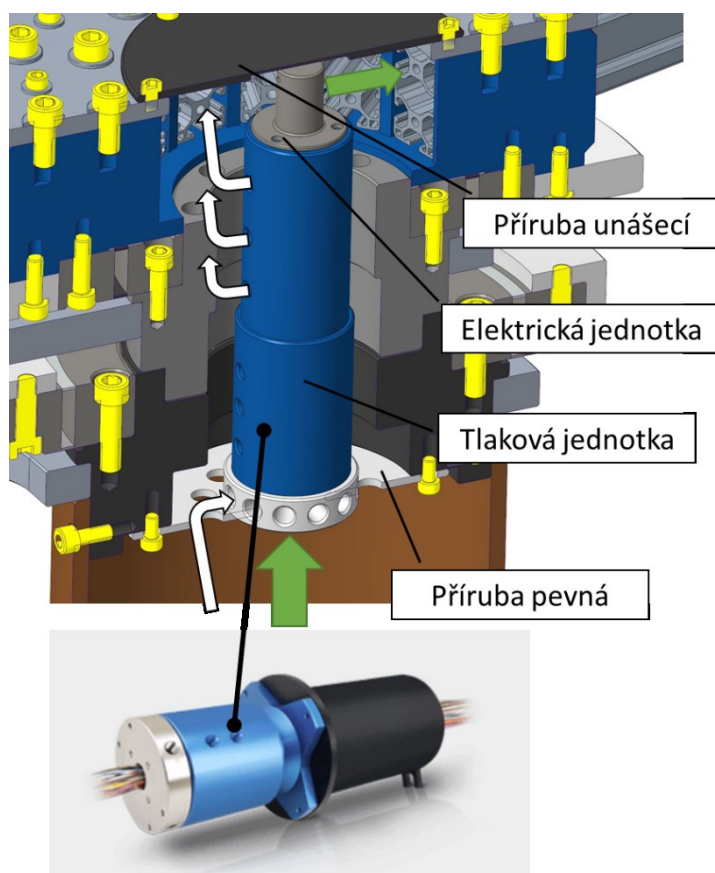
Obr. 43 - Řez středovou částí bez rozvodů

Rotační stůl má 12 pozic. Ty jsou vytvořeny z hliníkových profilů a profily polovičních rozměrů jsou použity jako výztuha proti kmitání. Na konci každého segmentu je umístěn 5/2 rozváděč pro ovládání efektoru. Rozváděč může být upevněn dle potřeby. Pro rozvod vzduchu ze středové části lze použít díry v profilech.



Obr. 44 - Rotační stůl

Vedení kabeláže a stlačeného vzduchu skrze osu otočného stolu je řešeno prostřednictvím dvou rotačních rozvaděčů (Rotary union) od firmy DSTI. Tyto jednotky lze spolu kombinovat. Jednotka vzduchová má 12 vstupů i 12 výstupů a je umístěna na přírubě, která je připojena k statické části rotačního stolu. Tato jednotka má v ose díru a skrze ni vede kabeláž do jednotky elektrické. Elektrickou jednotkou prochází 24 samostatných kabelů, každým může procházet proud až 2A [21].



Obr. 45 - Detail jednotek a ilustrační obrázek [21]

8 Časový rozbor

V tomto bodě budou pomocí tabulky rozebrány časy pohybu jednotlivých částí zařízení. Všechny pohyby byly zmíněny v kapitole 7. Tyto časy jsou důležité pro další výpočty. Čas pro popis není uveden z důvodu zřejmého důkazu (bod 7.1).

Otočný stůl	Čas [s]
Otočení o 30°	2
Celkový čas [s]	2

Tabulka 11- Rozbor času otočného stolu

Krimpování	Čas [s]
Vertikální posuv [200mm]	2
Horizontální posuv [20mm]	1
Čas krimpování	3
Horizontální posuv [20mm]	1
Vertikální posuv [200mm]	2
Celkový čas [s]	9

Tabulka 12 – Rozbor času krimpování

Testování (3 ks)	Čas [s]
Vysunutí přídržných pístů	0,5
Nasunutí ucpávek	0,5
Testování	21
Vysunutí ucpávek	0,5
Vysunutí přídržných pístů	0,5
Zpětné polohování	4
Celkový čas [s]	26

Tabulka 13 - Rozbor času testování

9 Kontrolní výpočty

9.1 Výpočet pohonu rotačního stolu

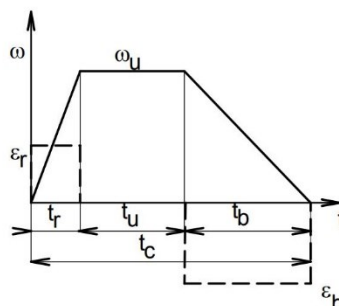
V tomto bodě bude kontrolní výpočet pohonu pro rotační stůl. Podle předběžných výpočtů byl zvolen motor s planetovou převodovkou a ložisko. Parametry jako moment setrvačnosti a hmotnosti byly odečteny z programu CREO4.0. Moment setrvačnosti hřídele ložiskového domku je zahrnut v převodovce. Průběh rychlosti má v tomto případě trojúhelníkový průběh.

Motor je od firmy Kollmorgen typ AKM31C.

Převodovka je od firmy ApexDynamics. Obě komponenty distribuuje firma Raveo.

Gearbox Specification		Motor Specification	
Model:	AB060 - 010 - S1 - P2	Brand:	KOLLMORGEN
Ratio:	10	Model:	AKM31C-AN-320VDC
Shaft Option:	Smooth	Motor shaft:	14 mm
Backlash:	P2: Standard Backlash	Output Power:	0.29 Kw
Adapter:	P0401200601 / AD-W60-M70-1	Rated Speed:	2500 rpm
Output Torque:	40 Nm	Rated Torque:	1.12 Nm
Rated Speed:	5000 rpm	Max. Speed:	8000 rpm
Max. Torque:	72 Nm	Peak Torque:	3.88 Nm
Max. Speed:	10000 rpm	Inertia:	0.33 kgcm ²
Weight:	1.3 kg		
Inertia:	0.13 kgcm ²		

Obr. 46 - Parametry motoru a převodovky



Obr. 47 - Obecné znázornění průběhu rychlosti v čase

Celkový čas

$$t_{cs} = 2 \text{ [s]}$$

Čas rozběhu

$$t_{rs} = 1 \text{ [s]}$$

Moment setrvačnosti hřídele motoru

$$J_m = 33 \cdot 10^{-6} \text{ [kg} \cdot \text{m}^2\text{]}$$

Moment setrvačnosti převodovky

$$J_{pp} = 21 \cdot 10^{-6} \text{ [kg} \cdot \text{m}^2\text{]}$$

Moment setrvačnosti rotující části

$$J_{rs} = 100 \text{ [kg} \cdot \text{m}^2\text{]}$$

Odporový moment ložiska CRBE11528	$M_{ls} = 2.7 [N \cdot m]$
Odporový moment rotační jednotky	$M_{rj} = 0.9 [N \cdot m]$
Převodový poměr ozubených kol	$i_{os} = 9,6 [-]$
Převodový poměr převodovky	$i_p = 10 [-]$
Třecí koeficient ložiska	$f_l = 0.01 [-]$
Účinnost převodovky	$\mu_p = 0.9 [-]$
Účinnost převodu	$\mu_{rp} = 0.95 [-]$
Úhel pootočení	$\alpha_s = 30[^\circ]$
Váha rotační části	$m_s = 120 [kg]$

Přepočítání stupňů na radiány φ_{cs}

$$\varphi_{cs} = \frac{\pi \cdot \alpha_s}{180} = \frac{\pi \cdot 30}{180} = \mathbf{0,523 [rad]} \quad [9.1]$$

Výpočet rozběhového úhlu φ_{rs}

$$\varphi_{rs} = \frac{\varphi_{cs}}{2} = \frac{0,523}{2} = \mathbf{0,261 [rad]} \quad [9.2]$$

Výpočet zrychlení ε_{rs}

$$\varepsilon_{rs} = \frac{2 \cdot \varphi_{rs}}{t_{rs}^2} = \frac{2 \cdot 0,261}{1^2} = \mathbf{0,523 [rad \cdot s^{-2}]} \quad [9.3]$$

Moment od rotačního stolu M_{s1}

$$M_{s1} = J_{rs} \cdot \varepsilon_{rs} + M_{ls} + M_{rj} = 100 \cdot 0,523 + 0,9 + 2,7 = \mathbf{55,9 [N \cdot m]} \quad [9.4]$$

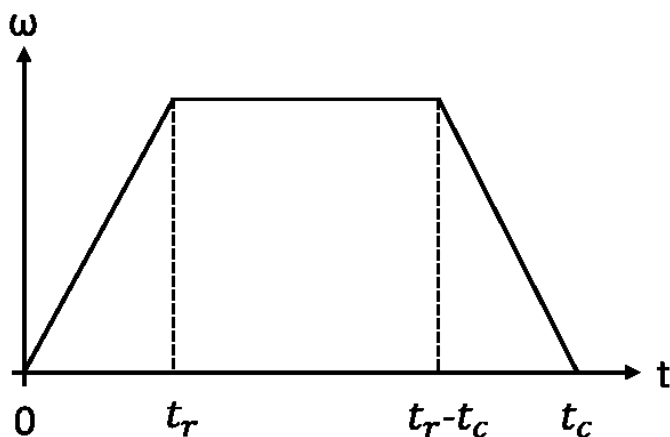
Potřebný moment na motoru M_{sc}

$$\begin{aligned} M_{sc} &= \frac{M_{s1}}{i_{os} \cdot i_p \cdot \mu_p \cdot \mu_{rp}} + J_{pp} \cdot i_{os}^2 + J_m \cdot i_p^2 i_{os}^2 = \\ &= \frac{55,9}{9,6 \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot 0,95} + 21 \cdot 10^{-6} \cdot 9,6^2 + 33 \cdot 10^{-6} \cdot 10^2 \cdot 9,6^2 = \\ &= \mathbf{0,98 [N \cdot m]} \end{aligned} \quad [9.5]$$

$0,98 [N \cdot m] < 1,12 \dots$ Zvolený motor a převodovka vyhovuje

9.2 Výpočet pohonu testování

Pro testování byl použit stejný pohon jako u rotačního stolu. Délka rozběhu a brzdění byla zvolena jako 25% celkového času přesunu. Úhel, po kterém se bude testovací segment pohybovat ustálenou rychlostí byl zvolen 50° .



Obr. 48 - Ilustrace průběhu rychlosti

Celkový čas	$t_{ct} = 4 \text{ [s]}$
Čas rozběhu	$t_{rt} = 1 \text{ [s]}$
Moment setrvačnosti segmentu testování	$J_{rt} = 110 \text{ [kg} \cdot \text{m}^2]$
O odporový moment ložiska CRBE16028	$M_{lt} = 4,8 \text{ [N} \cdot \text{m]}$
Převodový poměr ozubených kol	$i_{ot} = 8,55 \text{ [-]}$
Převodový poměr převodovky	$i_p = 10 \text{ [-]}$
Účinnost převodovky	$\mu_p = 0.9 \text{ [-]}$
Účinnost převodu	$\mu_{rp} = 0.95 \text{ [-]}$
Úhel pootočení	$\alpha_t = 90[^\circ]$
Úhel v konstantní rychlosti	$\alpha_{tu} = 50[^\circ]$
Váha rotační části	$m_t = 104 \text{ [kg]}$

Výpočet úhlu pro ustálenou rychlost φ_{ut}

$$\varphi_{ut} = \frac{\pi \cdot \alpha_{tu}}{180} = \frac{\pi \cdot 50}{180} = \mathbf{0,872 [rad]} \quad [9.6]$$

Výpočet ustálené úhlové rychlosti ω_{ut}

$$\omega_{ut} = \frac{\varphi_{ut}}{t} = \frac{\varphi_{ut}}{t_{ct} - 2 \cdot t_{rt}} = \frac{0.872}{4 - 2 \cdot 1} = \mathbf{0,436 [rad \cdot s^{-1}]} \quad [9.7]$$

Výpočet zrychlení ε_{rt}

$$\varepsilon_{rt} = \frac{\omega_{ut}}{t_{rt}} = \frac{0,436}{1} = \mathbf{0,436 [rad \cdot s^{-2}]} \quad [9.8]$$

Jelikož je zrychlení potřebné pro zpětné polohování testovací části nižší než pro rotační stůl, je nutno z důvodu možné synchronizace použít úhlové zrychlení stolu. ($\varepsilon_{rs} = 0,523$)

Moment od testovacího segmentu M_{t1}

$$M_{t1} = J_{rt} \cdot \varepsilon_{rs} + M_{lt} = 109 \cdot 0,523 + 4,8 = \mathbf{61,8 [N \cdot m]} \quad [9.9]$$

Potřebný moment na motoru M_{tc}

$$\begin{aligned} M_{tc} &= \frac{M_{t1}}{i_{os} \cdot i_p \cdot \mu_p \cdot \mu_{rp}} + J_{pp} \cdot i_{ot}^2 + J_m \cdot i_p^2 i_{ot}^2 = \\ &= \frac{61,8}{8,55 \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot 0,95} + 21 \cdot 10^{-6} \cdot 8,55^2 + 33 \cdot 10^{-6} \cdot 10^2 \cdot 8,55^2 = \\ &= \mathbf{1,08 [N \cdot m]} \end{aligned} \quad [9.10]$$

$1,08 [N \cdot m] < 1,12 \dots$ Zvolený motor s převodovkou vyhovuje

9.3 Kontrola ložisek

Jedno ložisko zachytává síly od rotační části stolu a druhé od části testovací. Výpočet je dle výrobce. Jelikož jsou otáčky pro testovací ložisko dva krát větší z důvodu zpětného pohybu, avšak pořád minimální, je počítáno s těmito otáčkami pro obě ložiska.

Ložisko rotační části stolu

Typ: CRBE 11528C od firmy HIWIN.

Hmotnost rotační části	$m_s = 120 [kg]$
Cyklus posunutí o 30°	$t_{1c} = 14 [s]$
Průměr vnějšího kroužku	$D_s = 240 [mm]$
Průměr vnitřního kroužku	$d_s = 115 [mm]$
Axiální únosnost	$C_{os} = 300 [kN]$

Výpočet otáček n_t

$$n_t = \frac{2 \cdot 60}{t_{1c} \cdot 12} = \frac{2 \cdot 60}{14 \cdot 12} = \mathbf{0,72} \left[\frac{\text{ot.}}{\text{min}} \right] \quad [9.11]$$

Výpočet roztečné kružnice válečku D_{PWS}

$$D_{PWS} = \frac{D_s + d_s}{2} = \frac{240 + 115}{2} = \mathbf{177,5} [mm] \quad [9.12]$$

Výpočet axiálního zatížení ložiska

$$F_{as} = m_s \cdot g = 120 \cdot 9,81 = \mathbf{1177,2} [N] \quad [9.13]$$

Další zatížení na ložisko nepůsobí, proto se nepočítá ekvivalentní zatížení.

$$P_s = F_a = \mathbf{1177,2} [N] \quad [9.14]$$

Statický bezpečnostní koeficient f_{ss}

$$f_{ss} = \left(\frac{C_{os}}{P_s} \right) = \left(\frac{300\,000}{1177,2} \right) = \mathbf{254} [-] \dots \text{Vyhovuje} \quad [9.15]$$

Toto ložisko je značně předimenzované, ale je nutné jeho použití z důvodu velikosti vnitřního kroužku a předpokládá se, že vzniknou klopné síly při výrobních a montážních nepřesnostech.

Ložisko rotační části stolu

Typ: CRBE 16035C od firmy HIWIN.

Hmotnost rotační části	$m_t = 104[kg]$
Průměr vnějšího kroužku	$D_t = 295[mm]$
Průměr vnitřního kroužku	$d_t = 160[mm]$
Axiální únosnost statická	$C_{ot} = 437 [kN]$
Axiální únosnost dynamická	$C_t = 226 [kN]$
Vzdálenost těžiště od osy X	$x_t = 381[mm]$
Vzdálenost těžiště od osy Y	$y_t = 689[mm]$
Radiální zatížení	$F_{rt} = 0[N]$

Výpočet roztečné kružnice válečku D_{PWt}

$$D_{PWt} = \frac{D_t + d_t}{2} = \frac{295 + 160}{2} = \mathbf{227,5 [mm]} \quad [9.16]$$

Výpočet axiálního zatížení ložiska F_{at}

$$F_{at} = m_t \cdot g = 104 \cdot 9,81 = \mathbf{1020 [N]} \quad [9.17]$$

Výpočet délky ramene l_t

$$l_t = \sqrt{x_t^2 + y_t^2} = \sqrt{381^2 + 689^2} = 787 [mm] = \mathbf{0,787 [m]} \quad [9.18]$$

Výpočet klopného momentu M_t

$$M_t = F_{at} \cdot l_t = 1020 \cdot 0,787 = \mathbf{803 [N \cdot m]} \quad [9.19]$$

Výpočet koeficientů X a Y

$$\left(\frac{F_{at}}{F_{rt} + \frac{2 \cdot M_t}{D_{PWt}}} \right) = \left(\frac{1020}{0 + \frac{2 \cdot 803000}{227,5}} \right) = \mathbf{0,14 < 1,5 \dots X = 1, Y = 0,45} \quad [9.20]$$

Dynamické ekvivalentní zatížení P_t

$$P_t = X \cdot \left(F_{rt} + \frac{2 \cdot M_t}{D_{PWt}} \right) + Y \cdot F_{at} \quad [9.21]$$

$$= 1 \cdot \left(0 + \frac{2 \cdot 803000}{227,5} \right) + 0,45 \cdot 1020 = \mathbf{7518 [N]}$$

Jmenovitá životnost L_t

$$L_t = \left(\frac{C_t}{P_t} \right)^{\frac{10}{3}} = \left(\frac{226000}{7518} \right)^{\frac{10}{3}} = \mathbf{84\,466 [otáček]} \quad [9.22]$$

Statické ekvivalentní zatížení P_{ot}

$$P_{ot} = \frac{2 \cdot M_t}{D_{PWt}} + 0,44 \cdot F_{at} = \frac{2 \cdot 803000}{227,5} + 0,44 \cdot 1020 = \mathbf{7508 [N]} \quad [9.23]$$

Statický bezpečnostní koeficient f_{st}

$$f_{st} = \left(\frac{C_{ot}}{P_{ot}} \right) = \left(\frac{226000}{7508} \right) = \mathbf{30 [-]} \dots \mathbf{Vyhovuje.} \quad [9.24]$$

9.4 Kontrola modulu ozubení

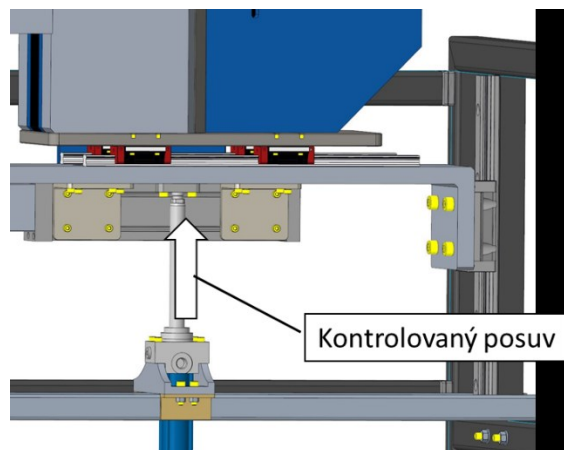
Pro ozubená kola byl zvolen modul 1,5. Pro výpočet byl použit program MitCalc. Na obrázku 49 jsou zobrazeny zadané hodnoty a kontrolní koeficient, který dokazuje, že ozubení vyhovuje. Celý výpočet je uveden v příloze 5.

<

Obr. 49 - Část výpočtu ozubeného kola

9.5 Kontrola hydraulických válců

Pro zvedání krimpovacích hlav jsou použity dva identické hydraulické válce. Potřebné údaje pro předběžný výpočet jsou uvedeny na obr. 50. Celková čas pro přesun (200mm) je stanoven na 2 sekundy. Čas pro rozběh je dán na 0,5s a délkou 20 mm.



Obr. 50 - Znáznornění kontrolovaného posuvu

Typ válce: CDT3ME5/25/18/200Z3X/B11HEUM od firmy BoschRexroth.

Piston Ø		Piston rod Ø		Line connection "B / R"		Max. stroke velocity		Line connection "S"		Max. stroke velocity	
ØAL mm		ØMM mm		EE		in m/s		EE		in m/s	
25		12		G 1/4		0.60		G 3/8		0.90	
		14				0.60				1.00	
		18				0.90				1.40	

Piston ØAL mm	Piston rod ØMM mm		Area ratio φ A_1/A_3	Areas			Force ¹⁾						Flow at 0.1 m/s ²⁾			Max. availabl stroke length (mm) ⁵⁾
	160 bar	210 bar		Piston A_1 cm ²	Rod A_2 cm ²	Ring A_3 cm ²	Pressure F_1 kN		Diff. F_2 kN		Pulling F_3 kN		Off q_{v1} l/min	Diff. q_{v2} l/min	On q_{v3} l/min	
							160 bar	210 bar	160 bar	210 bar	160 bar	210 bar				
25	12	-	1.3	4.91	1.13	3.78	7.86	-	1.81	-	6.05	-	2.9	0.70	2.30	600
	18	18	2.07		2.54	2.37		10.31	4.06	5.33	3.79	4.98		1.50	1.40	

Obr. 51 - Parametry hydraulického válce

Celkový čas

$$t_{cv} = 2 [s]$$

Čas rozběhu

$$t_{rv} = 0,5 [s]$$

Hmotnost krimpovací části

$$m_k = 215 [kg]$$

Délka ustálené části posuvu

$$l_{uv} = 160 [mm]$$

Délka pro zrychlení

$$l_{rv} = 20 [mm]$$

Výpočet potřebné rychlosti v_v

$$v_v = \frac{l_{uv}}{t_{cv} - 2 \cdot t_{rv}} = \frac{0,16}{2 - 2 \cdot 0,5} = \mathbf{0,16} \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}] < 0,9 \dots \text{Vyhovuje} \quad [9.25]$$

Výpočet zrychlení a_v

$$a_v = \frac{v_v}{t_{rv}} = \frac{0,16}{0,5} = \mathbf{0,32} \text{ [m} \cdot \text{s}^{-2}] \quad [9.26]$$

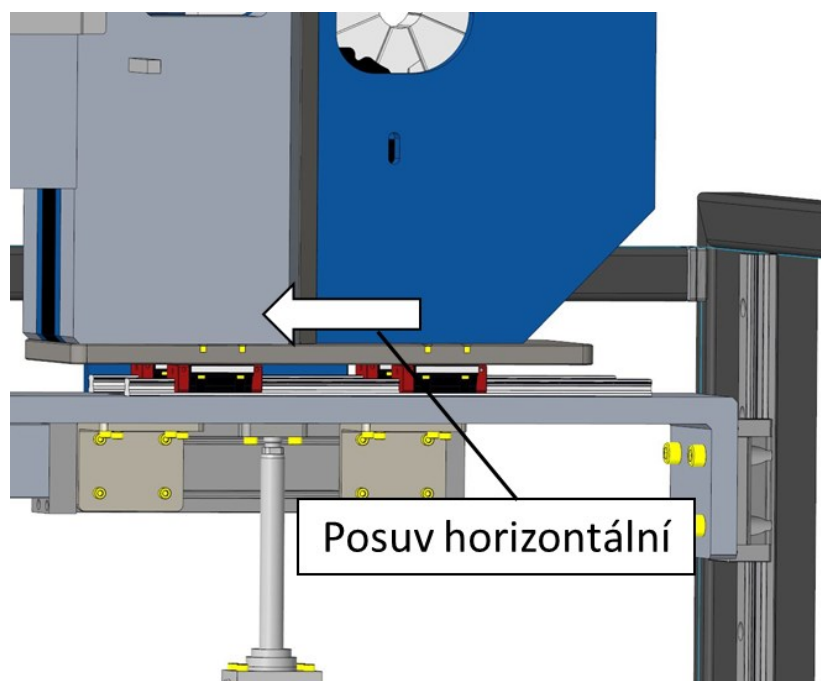
Výpočet potřebné osově síly F_{ov}

$$\begin{aligned} F_{ov} &= m_k \cdot a_v + m_k \cdot g = 215 \cdot 0,32 + 215 \cdot 9,81 = \\ &= \mathbf{2178} \text{ [N]} < 7\,860 \dots \text{Vyhovuje} \end{aligned} \quad [9.27]$$

Velikost zrychlení je poměrně malá, proto rychlost na reálném systému ještě zvýšit.


9.6 Kontrola horizontálního posuvu hlavy

V tomto bodě bude zkontrolována potřebná síla pro posuv krimpovací hlavy ve vodorovném směru o posunutí 20 mm.



Obr. 52 - Znázornění posuvu hlavy – vodorovně

Typ pohonu: EGC-70-50-BS-10P-KF-0H-MR-GV od firmy FESTO.

provedení	velikost	pracovní zdvih [mm]	rychlost [m/s]	opakovatelná přesnost [mm]	posuvová síla [N]	vlastnosti vedení				
						síly a momenty				
						Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]
vedení v kuličkových oběžných pouzdech										
	70	50 ... 1000	0,5	±0,02	300	1850	1850	16	132	132

Obr. 53 – Parametry pohonu s vřetenem

Celkový čas	$t_{ch} = 1 [s]$
Čas rozběhu	$t_{rh} = 0,3 [s]$
Hmotnost soustavy pro posuv	$m_h = 185 [kg]$
Celková délka posuvu	$l_{ch} = 20 [mm]$
Délka pro zrychlení	$l_{rh} = 5 [mm]$
Délka pro ustálený pohyb	$l_{uh} = 10 [mm]$
Koeficient tření	$f_v = 0,01 [-]$

Výpočet potřebné rychlosti v_h

$$v_h = \frac{l_{uh}}{t_{ch} - 2 \cdot t_{rh}} = \frac{0,01}{1 - 2 \cdot 0,3} = \mathbf{0,025 [m \cdot s^{-1}]} < 0,5 \dots \text{Vyhovuje} \quad [9.28]$$

Výpočet zrychlení a_h

$$a_h = \frac{v_h}{t_{rh}} = \frac{0,025}{0,3} = \mathbf{0,083 [m \cdot s^{-2}]} \quad [9.29]$$

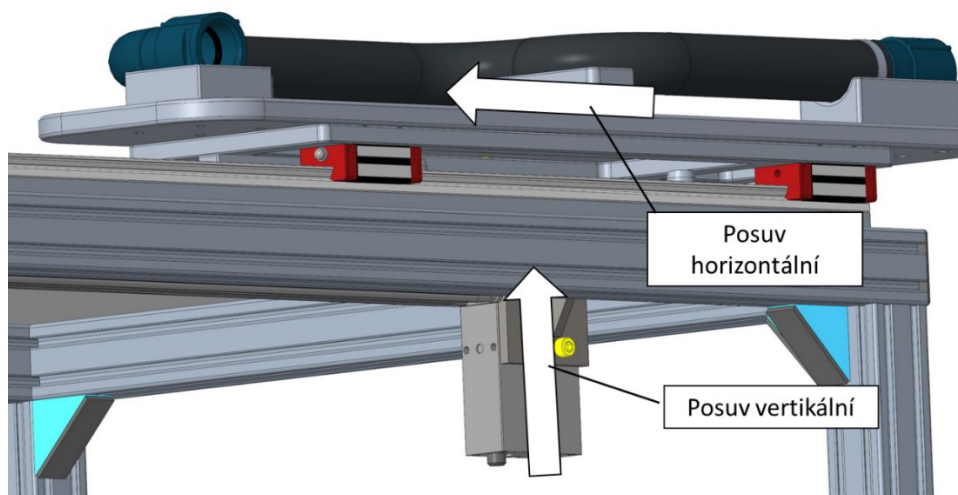
Výpočet potřebné osové síly F_{oh}

$$\begin{aligned} F_{oh} &= m_h \cdot a_h + m_h \cdot g \cdot f_v = 185 \cdot 0,083 + 185 \cdot 9,81 \cdot 0,01 = \\ &= \mathbf{33,5 [N]} < 300 \dots \text{Vyhovuje} \end{aligned} \quad [9.30]$$

Pohon je dostačující, ačkoli je pohon značně předimenzován, rychlost přesunu může být poté upravena na vyšší, pokud to ovšem konstrukce rámu dovolí a nebude docházet ke kmitání.

9.7 Kontrola pneumatických pohonů

Jelikož je předpokládáno, že pneumatické pohony jsou předimenzovány, je pro zjednodušení výpočtu předpokládáno zrychlení $2 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-2}]$. Jedná se o pohony ustavovacího pracoviště.



Obr. 54 - Zobrazení pohybů pneumatických válců

Posuv horizontální

Typ: DGC-K-18-800-PPV-A, bezpístový pneumatický pohon od firmy FESTO.

	Ø pístu	teoretická síla při 6 barech	vlastnosti vedení					→ strana/ internet
	[mm]	[N]	Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]	
kompaktní provedení DGC-K								
	18	153	–	120	0,8	11	1	8

Obr. 55 - Parametry bez pístového pohonu

Zrychlení

$$a_p = 2 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-2}]$$

Koeficient tření

$$f_v = 0,01 \text{ [–]}$$

Hmotnost posuvné části

$$m_z = 6,5 \text{ [kg]}$$

Výpočet potřebné rychlosti síly F_{po}

$$F_{po} = m_z \cdot a_p + m_z \cdot g \cdot f_v = 6,5 \cdot 2 + 6,5 \cdot 9,81 \cdot 0,01 = 13,6 \text{ [N]} \quad [9.31]$$

< 153 **Vyhovuje**

Posuv vertikální

Typ: DFM-12-80-P-A-KF, pneumatický válec s vedením od firmy FESTO.

Síly [N]				
Ø pístu	12	16	20	
teoretická síla při 6 barech, pohyb vpřed	68	121	188	

Obr. 56 - Parametry pneumatického válce s vedením

Zrychlení $a_p = 2 [m \cdot s^{-2}]$

Koeficient tření $f_v = 0,01 [-]$

Hmotnost zdvižné části $m_n = 5,4[kg]$

Výpočet potřebné rychlosti síly F_{pn}

$$F_{pn} = m_n \cdot a_p + m_n \cdot g = 5,4 \cdot 2 + 5,4 \cdot 9,81 = \mathbf{63,7[N]} < 68 \dots \mathbf{Vyhovuje} \quad [9.32]$$

Pokud tento pohon nebude při reálném zatížení fungovat, je ho třeba zaměnit za vyšší řadu. Zásah do konstrukce stroje by byl minimální.

10 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout zařízení pro krimpování, testování, značení a balení hadic, které se nacházejí v motoru automobilu. Byla zpracována řešerše na jednotlivé procesy. Na základě těchto technologií byly navrženy 3 varianty řešení. Dvě varianty v sobě zahrnovaly rotační stůl a jedna dopravník. Tyto varianty byly posouzeny na základě subjektivního názoru a byla zpracována vícekritériální analýza a tou byla vybrána varianta pro detailní dopracování, tedy varianta 3.

Zařízení je navrženo tak, že operátor výroby sestaví hadici a ustaví ji do přípravku. Poté zmáčkne tlačítka a od této chvíle je proces plně automatizován. Efektor odebere OM a v dalším kroku jsou koncovky na hadici nakrimpovány, poté je otestována těsnost hadice tlakem 3bar. Pokud je hadice v normě, označí se v tiskárně popisem dle požadavků výrobce a „upustí se“ v místě balicí linky, na které hadici zabalí. Pokud nevyhovuje normám, označí se tak a bude umístěna v krabici pro vadné kusy.

Jednotlivé pohony byly zkontrolovány dle příslušných výpočtů. Všechny pohony jsou dostačující. Dále byly zkontrolovány ložiska, které jsou značně předimenzovány, ale jejich použití je nutné z rozměrových důvodů. Rotační střed obsahuje dvě ozubená kola, vyráběna na zakázku a byly provedeny kontrolní výpočty v programu MitCalc. Tyto výpočty vyšly s dostačujícím koeficientem bezpečnosti.

Oplocení zařízení je navrženo pouze zjednodušeně z důvodu, že nejsou známy podmínky pro umístění zařízení. Uvnitř oplocení je dostatek prostoru pro vedení kabeláže, hydraulických a pneumatických hadic, ale také kompresoru nebo hydraulického agregátu.

Zařízení je navrženo pouze pro určitý typ hadice. Pokud by se tvar a rozměry hadice změnily, muselo by se zařízení navrhnout znova, avšak princip by zůstal stejný.

11 Použitá literatura

- [1]. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [2]. *Crimp (joining)* [online]. 2018 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Crimp_\(joining\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Crimp_(joining))
- [3]. *Apex Fluid Power Ltd.* [online]. 2015 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.apexfluid.co.uk/>
- [4]. *Bohemia hydraulic* [online]. 2018 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.bohemiahdraulic.cz/hydraulicke-hadice/>
- [5]. *Custom crimp* [online]. 2018 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.customcrimp.com/>
- [6]. *Teorie krimpování* [online]. 2012 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.spl.cz/krimpovani/id-135>
- [7]. *CustomCable: Crimping Vs. Soldering For Cable Assemblies* [online]. 2018 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://customcable.ca/crimping-vs-soldering/>
- [8]. *Thonauer: Komax* [online]. 2018 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.thonauer.com/cz/nc/vyrobcem/details-vyrobcem/komax-ag/>
- [9]. *Raiv s.r.o.: Tlakové zkoušky* [online]. 2015 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.raiv.cz/tlakove-zkousky.html>
- [10]. *IVt: Parker Hannifin* [online]. 2010 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.ivtinternational.com/>
- [11]. *Engineering: Pneumatic Testing of Pipelines as an Alternative to Hydrostatic Testing* [online]. 2014 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.engineering.com/>
- [12]. *SMC: PSE540, Small Pneumatic Pressure Sensor* [online]. 2018 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.smcusa.com/>
- [13]. *Liftec: Značení mikroúderem* [online]. 2018 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.liftec.cz/technologie/mikrouder/>

- [14]. *Automa: Značení výrobků laserovým paprskem* [online]. 2013 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.automa.cz/>
- [15]. *Control Micro System: Closeup Of Laser Marking On Black Plastic Automotive Part* [online]. 2016 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: http://www.cmslaser.com/?attachment_id=1723
- [16]. *Bottling Printing: Kontinuální inkjet* [online]. 2018 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.bprinting.eu>
- [17]. *Marked Tree Arkansas: 5 Ways an Industrial Inkjet Printer Benefits Your Business* [online]. 2017 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.markedtreearkansas.org>
- [18]. *Astro Vlašim: Vertikální balicí stroje* [online]. 2018 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.balicistroje.cz/cs/>
- [19]. *Schmiedmann: Vodní hadice M43 z chladiče do příruby na motorovém bloku* [online]. 2018 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.schmiedmann.cz/>
- [20]. *Liftec: Inkjet – alphaJET into* [online]. 2018 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.liftec.cz/>
- [21]. *DSTI: Standard Rotary Unions* [online]. 2018 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.dsti.com/rotary-unions/>

12 Seznam příloh

- A. Výkresová dokumentace
- B. Elektronická podoba bakalářské práce
 - *Model vítězné varianty*
 - *Výkresová dokumentace*
 - *Diplomová práce*
 - *Katalogy použitých normovaných dílců*

13 Seznam obrázků

Obr. 1 – Řez hydraulickou hadicí s koncovkou [3].....	13
Obr. 2 - Nakrimpované hydraulické hadice [4].....	13
Obr. 3 - Hydraulický lis s více druhy čelistí [5]	14
Obr. 4 - Nakrimpované koncovky na kabelech [7]	14
Obr. 5 - Alpha 355 S / 356 [8].....	15
Obr. 6 - Testované hadice hydrostaticky [10]	15
Obr. 7 - Tlakové snímače [12].....	16
Obr. 8 - Ukázka laserového značení na plastový výrobek [15].....	17
Obr. 9 - Příklad inkjet značení [17]	18
Obr. 10 - MH2bb [18]	19
Obr. 11 - MH5 [18]	19
Obr. 12 - Hadice s koncovkami typu bajonet [19]	21
Obr. 13 - Detail reálné koncovky a hadice	21
Obr. 14 - Funkční rozměry OM.....	22
Obr. 15 - Celková sestava varianty I	23
Obr. 16 - Krimpování varianty I.....	24
Obr. 17 - Testování varianty I	24
Obr. 18 - Popis varianty I	25
Obr. 19 - Logistika balení varianty I	25

Obr. 20 - Celková sestava varianty II.....	26
Obr. 21 - Krimpování varianty II	26
Obr. 22 - Testování varianty II.....	27
Obr. 23 - Popis varianty II.....	27
Obr. 24 - Logistika balení varianty II.....	28
Obr. 25 - Celková sestava varianty III.....	28
Obr. 26 - Krimpování a operátorské pracoviště ve variantě III.....	29
Obr. 27 - testování ve variantě III	29
Obr. 28 - Popis logistika balení ve variantě III	30
Obr. 29 - Celková sestava bez oplocení	34
Obr. 30 - Celková sestava s oplocením	34
Obr. 31 - Efektor OM	35
Obr. 32 - Operátorské pracoviště.....	35
Obr. 33 - Jednotlivé kroky posuvů	36
Obr. 34 - Sestava krimpování	37
Obr. 35 - Postup krimpování	38
Obr. 36 - Sestava testování	39
Obr. 37 - Zobrazení pohybu válců pro testování	40
Obr. 38 - Utěsněná hadice pro testování	40
Obr. 39 - Sestava popisování.....	41
Obr. 40 - Alphajet Into	41
Obr. 41 - Sestava balení.....	42
Obr. 42 - Ukládání zmetků	42
Obr. 43 - Řez středovou částí bez rozvodů.....	43
Obr. 44 - Rotační stůl	44
Obr. 45 - Detail jednotek a ilustrační obrázek [21]	44
Obr. 46 - Parametry motoru a převodovky.....	46

Obr. 47 - Obecné znázornění průběhu rychlosti v čase	46
Obr. 48 - Ilustrace průběhu rychlosti.....	48
Obr. 49 - Část výpočtu ozubeného kola	52
Obr. 50 - Znázornění kontrolovaného posuvu.....	53
Obr. 51 - Parametry hydraulického válce.....	53
Obr. 52 - Znázornění posuvu hlavy – vodorovně.....	54
Obr. 53 – Parametry pohonu s vřetenem	55
Obr. 54 - Zobrazení pohybů pneumatických válců	56
Obr. 55 - Parametry bez pístového pohonu	56
Obr. 56 - Parametry pneumatického válce s vedením	57

14 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Parametry OM.....	22
Tabulka 2 - Přehled pohonů ve variantách	30
Tabulka 3 – Zvolené kritéria	31
Tabulka 4 – Bodovací stupnice	31
Tabulka 5 - Porovnání metodou párů	31
Tabulka 6 - Konečné pořadí kritérii	32
Tabulka 7 - Hodnoty varianty I	32
Tabulka 8 - Hodnoty varianty II.....	33
Tabulka 9 - Hodnoty varianty III.....	33
Tabulka 10 - Pořadí variant	33
Tabulka 11- Rozbor času otočného stolu	45
Tabulka 12 – Rozbor času krimpování.....	45
Tabulka 13 - Rozbor času testování	45

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Milanu Miholovi, Ph.D., za vedení, připomínky a čas, který mi věnoval, při psaní této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přítelkyni za celkovou podporu během studia.